

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

CARLOS ALBERTO PESSOA MELLO GALDINO

**CADASTRO DE PARCELAS TERRITORIAIS
VINCULADO AO SISTEMA DE REFERÊNCIA
GEOCÊNTRICO – SIRGAS2000**

**Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de Doutor em
Engenharia Civil**

Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial

Orientador: Prof. Dr.-Ing. Jürgen W. Philips

FLORIANÓPOLIS, 2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CADASTRO DE PARCELAS TERRITORIAIS
VINCULADO AO SISTEMA DE REFERÊNCIA
GEOCÊNTRICO – SIRGAS2000**

CARLOS ALBERTO PESSOA MELLO GALDINO

FLORIANÓPOLIS, 2006

**“CADASTRO DE PARCELAS TERRITORIAIS VINCULADO AO SISTEMA DE
REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO – SIRGAS2000”**

CARLOS ALBERTO PESSOA MELLO GALDINO

Tese julgada adequada para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. Dr. Glicério Trichés - Coordenador do PPGEC

Prof. Dr.-Ing. Jürgen W. Philips - Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr.-Ing. Jürgen W. Philips - ECV/UFSC - Moderador

Prof. Ph.D. Roque Alberto Sánchez Daloto - UNLitoral - Argentina

Prof. Dr. Ricardo Ernesto Schaal – USP – São Carlos

Profª. Dra. Verônica Maria Costa Romão – UFPE

Prof. Dr. Francisco de Oliveira - UDESC

Prof. Dr. Norberto Hochheim - ECV/UFSC

Prof. Dr. Jucilei Cordini - ECV/UFSC

*Dedico esta obra: aos meus pais
Leandro “in memorian” e Olímpia;
à Kica minha mãe também;
à Graça “in memorian”;
a Colbert, Cauex, Ulli e Raíza e,
à Shenzi, minha amiga, todos
razão de vida.*

Agradecimentos:

à UFSC-PPGEC, pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado;

à UFPE-DECart, pelo incentivo à realização do Curso de Doutorado;

à CAPES-PICDT pelo patrocínio da bolsa de estudos;

aos colegas da DECart que, participaram e colaboraram substituindo-me nas atividades de docência e, à Solange, Amável e Judite;

em especial, ao Prof. Dr. -Ing. Jürgen Philips, pelo incentivo e valorização deste Projeto;

ao Prof. Dr. -Ing. Günter Seeber, sempre presente, desde os tempos de mestrando;

à Profa. Dra. Verônica Romão pelas pertinentes interferências geodésicas;

aos professores Paulo Carneiro Carvalho e Fernando Botelho pelos diálogos e sugestões;

ao amigo e conselheiro José Jorge de Seixas, Professor Titular do DECart pelo continuado estímulo à conclusão deste trabalho;

ao amigo Gabriel Cremona, pelo convívio acadêmico e assessoria de informática;

à Dirce Amorim, colaboradora ortográfica;

à Marinéa Vieira de Almeida, secretária da pós-graduação, pela presteza sempre presente;

ao amigo Prof. Marconi Antão dos Santos pelas dicas e discussões acirradas e construtivas;

ao CEFET- PB, através dos alunos de Geoprocessamento, pelo empenho incondicionado, Sarah Golzio dos Santos, João Alexandre de Sousa Neto, André Luiz Sá de Oliveira, Isaias Leite Silva, Isaias Veríssimo Lopes, Alexandre Crispim Pimentel, Raquel Simone dos Santos Silva;

particularmente aos amigos Ronaldo Santos Rocha, Artur Caldas Brandão, Andréa Flávia Tenório, pela convivência e discussões;

à Thazia, minha esposa, pela vontade e insistência em ver concluída as recomendações da Banca Examinadora;

a DEUS pelo sentido que dá a vida!

RESUMO

O Projeto “Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS” foi concebido no seio do avanço tecnológico e na explosão das novas tecnologias, particularmente na tecnologia do posicionamento espacial por satélite, hoje com as constelações GPS, GLONASS e Galileo com franco domínio na área da geodésia física e geométrica, entre outros. Como consequência desse avanço, o Brasil em janeiro de 2005 adotou como sistema geodésico de referência oficial o SIRGAS2000. Assim, este trabalho consiste em adequar os levantamentos cadastrais e as respectivas representações cartográficas efetuadas nos sistemas SAD69 e/ou Córrego Alegre ao sistema SIRGAS2000, para o período de transição e convivência entre estes sistemas oficiais, bem como indicar procedimentos para vincular os limites físico-geométricos de parcelas territoriais, urbanas e rurais aos cadastros imobiliários e os seus respectivos registros cartoriais. Os procedimentos métricos são apresentados com indicadores de precisão e exatidão posicional georreferenciados de tal maneira que se situem física e geograficamente inequívocos e, como recomendação, homologados e depositados num Banco de Coordenadas disponíveis aos mais diversos segmentos de usuários, sejam eles públicos ou particulares.

Palavras-Chave: Projeto SIRGAS; parcela territorial; georreferenciamento;

ABSTRACT

The Project SIRGAS (*Sistema internacional de Referência Geocêntrico para as Américas*) or Geocentric Referencing System for the Américas, was conceived through technological advances which created an explosion of new technologies, particularly in satellite space positioning, which has the constellation GPS, GLONASS and Galileo, and frank domain in the area of physical and geometrical geodesy, among others. As a consequence of these advances, in January 2005 Brazil adopted the SIRGAS2000 as the official geodesic reference system. Being thus, this work consists of adapting the surveys registered in cadastre and their effective cartographic representations in SAD69 and/or Córrego Alegre systems to the SIRGAS2000, for the period of transition and simultaneous use of these official systems, as well as indicating procedures and methods to tie the physical-geometric boundaries of urban and agricultural parcels to the real state cadastre and its respective notary office registers. The metric procedures are presented with precise and exact positional indicators and then geo-referenced in such a way that they are physically and geographically defined in an unequivocal way. Then it is recommended that the transformed coordinates should be homologated and deposited in a bank of coordinates and made available for the diverse segments of users, be they public or private.

Key-words: Project SIRGAS; boundaries parcel; Georeferencing.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE SIGLAS

GLOSSÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
2	O CADASTRO NO BRASIL E O SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO	07
2.1	Cronologia Histórica - Considerações	09
2.2	Análise Temporal e Qualitativa da Geometria e da Legislação Cadastral Brasileira	10
2.3	Situação da Infra-Estrutura Geodésica – da Sua Formação ao SGB SIRGAS2000	35
2.4	A Parcela e o Cadastro Territorial	56
2.5	A Obrigação do Estado com Relação a Propriedade e ao Proprietário	65
2.6	Banco de Coordenadas – Instituição Mantenedora	66
2.7	Exigência da Precisão e da Exatidão	78
2.7.1	Propagação do erro - estabelecimento do problema	84
2.7.1.1	Propagação do erro – transporte por coordenadas polares	85
2.7.1.2	Propagação do erro no cálculo da área	88
2.7.1.3	Propagação do erro – outras influências	92
3	POR QUE VINCULAR O CADASTRO DE PARCELAS TERRITORIAIS AO SIRGAS2000	97
3.1	Desenvolvimento da Geodésia no Mundo	98
3.2	Redes Clássicas (Características Geométricas, Erros)	103
3.3	Sistema Geodésico do Brasil	106
3.3.1	Sistemas de referência adotados no Brasil	107
3.3.2	Transformação entre sistemas de referência brasileiros	117
3.4	Projeto SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas	118
3.4.1	SIRGAS no Brasil	122
3.5	O Cadastro Brasileiro Vinculado ao SGB SIRGAS2000	123
3.6	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC	124
3.7	Rede GPS de Bases Comunitárias – RIBaC	128
3.8	Redes Geodésicas Estaduais GPS	129
3.8.1	Rede de Referência Cadastral Municipal - RRCM	131

3.8.2	Redes Locais de Levantamento	133
4	MODELOS DE HOMOGENEIZAÇÃO	135
4.1	Como é Feito na Atualidade	135
4.1.1	Colocação por Mínimos Quadrados	136
4.1.2	Métodos numéricos de homogeneização que utilizam interpolação interativa e injunções geométricas	138
4.1.3	Métodos que utilizam otimização de redes	140
4.2	Programas Utilizados	144
4.2.1	Programas comerciais TRIMBLE e RASCAL	144
4.2.2	Programa ADJUST	144
4.3	Transformações – Sequência de Procedimentos para Migração	148
5	TRANSFORMAÇÕES E VINCULAÇÃO AO SIRGAS2000 - ENSAIOS	150
5.1	Ensaio João Pessoa - PB	152
5.1.1	Transformação e vinculação - Procedimentos	154
5.1.2	Considerações sobre o ensaio João Pessoa	162
5.2	Ensaio Salgadinho - PE	165
5.2.1	Transformação e Vinculação - Procedimentos	168
5.2.2	Considerações sobre o ensaio Salgadinho	178
5.3	Ensaio Praia Bela – Alhandra - PB	180
5.3.1	Planejamento e Operacionalidade	182
5.3.2	Implantação da RRMCM e densificação	184
5.3.3	Considerações sobre o Ensaio Praia Bela	190
5.4	Considerações Sobre os Ensaio	192
6	CONSIDERAÇÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	194
6.1	Considerações Relevantes	194
6.1.1	Considerações sobre o Cadastro para Cidades de Pequeno porte	196
6.1.2	Considerações sobre outros pontos abordados	196
6.2	Conclusões	197
6.3	Recomendações	201
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	203

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-a	: PROPRIEDADE C	59
2-b		
FIGURA 2.2	: DO SISTEMA DE CADASTRO AO SISTEMA DE REGISTRO	60
FIGURA 2.3	: DESMEMBRAMENTO DA PROPRIEDADE C	61
FIGURA 2.4	: FLUXOGRAMA: DO SISTEMA DE CADASTRO AO SISTEMA DE REGISTRO	61
FIGURA 2.5	: BANCO DE COORDENADAS – MULTIMANTENEDORA E INTERATIVA	68
FIGURA 2.6	: MODELO DE MEMORIAL DESCRITIVO (FONTE: INCRA, 2003)	74
FIGURA 2.7	: ESBOÇO DE MEMORIAL DESCRITIVO	75
FIGURA 2.8	: ÁREA RURAL, DESCRITA POR CÓDIGO UNIVERSAL E REPRESENTADA POR COORDENADAS	76
FIGURA 2.9	: ÁREA URBANA, DESCRITA POR CÓDIGO UNIVERSAL E REPRESENTADA POR COORDENADAS.	77
FIGURA 2.10	: COORDENADAS POR LEVANTAMENTO POLAR	86
FIGURA 2.11	: ÁREA URBANA E A PROPAGAÇÃO DO ERRO	90
FIGURA 2.12	: ÁREA RURAL E A PROPAGAÇÃO DO ERRO	91
FIGURA 3.1	: HIERARQUIZAÇÃO DE REDES DE REFERÊNCIA	97
FIGURA 3.2	: DESLOCAMENTO HORIZONTAL ENTRE O SIRGAS E O SAD69	98
FIGURA 3.3	: SISTEMAS DE REFERÊNCIA	103
FIGURA 3.4	: EVOLUÇÃO DO WGS84 APROXIMANDO-SE DO ITRF AO LONGO DO TEMPO	116
FIGURA 3.5	: SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO PARA AS AMÉRICAS – SIRGAS2000	121
FIGURA 3.6	: REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO – RBMC	126
FIGURA 3.7	: DISTRIBUIÇÃO BRASILEIRA DAS REDES GPS ESTADUAIS	130
FIGURA 3.8	: REDE RIBaC	129
FIGURA 3.8	: REDE RIBaC -1	129
FIGURA 4.1	: DIAGRAMA DE VORONOI	138
FIGURA 5.1	: DESLOCAMENTO AO CENTRÓIDE DA ÁREA DE TRABALHO	158
FIGURA 5.2	: MAPA DOS VETORES DISCREPÂNCIA (JP)	162
FIGURA 5.3	: DISCREPÂNCIA ENTRE SISTEMAS (JP)	163
FIGURA 5.4	: HOMÔNIMOS JOÃO PESSOA	164
FIGURA 5.5	: CROQUI DE LOCALIZAÇÃO - SALGADINHO	166
FIGURA 5.6	: RRCM – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA RRCM – SALGADINHO - PE	167
FIGURA 5.7	: SALGADINHO – LEVANTAMENTO CADASTRAL – UTM _{SAD69}	170
FIGURA 5.8	: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS VETORES DISCREPÂNCIA – SALGADINHO	177

FIGURA 5.9 : DISCREPÂNCIA ENTRE SISTEMAS – SALGADINHO	179
FIGURA 5.10 : HOMÔNIMOS SALGADINHO	180
FIGURA 5.11 : PRAIA BELA VISTA PANORÂMICA DA PARCELA DE EXPANSÃO URBANA	181
FIGURA 5.12 : RRCM E RL AUXILIAR (PRAIA BELA)	186
FIGURA 5.13 : PRAIA BELA – PARCELAS RURAL E URBANA	187
FIGURA 6.1 HABITANTES POR MUNICÍPIO	195

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	: parcelamento territorial da propriedade C	60
Tabela 2.2	: propagação do erro por levantamento polar	88
Tabela 2.3	: propagação do erro no cálculo de área (urbana)	91
Tabela 2.4	: propagação do erro no cálculo de área (rural)	92
Tabela 2.5	: precisão no levantamento cadastral	94
Tabela 3.1	: observações utilizadas: materialização SAD69 e SAD69-96	113
Tabela 3.2	: valores médios dos desvios padrão das coordenadas após o reajustamento	113
Tabela 3.3	: estações no Brasil do SIRGAS2000	122
Tabela 3.4	: estações da RBMC em operação	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1	: transformação entre sistemas do SGB	117
Quadro 4.1	: fluxograma de procedimentos à migração	149
Quadro 5.1	: estações da RBMC e MR's do MUBDJP medidos	155
Quadro 5.2	: pontos homônimos de controle (levantamento)	157
Quadro 5.3	: pontos homônimos de controle (MUBDJP)	158
Quadro 5.4	: parâmetros de transformação	159
Quadro 5.5	: coordenadas UTM _{WGS84} do MUBDJP - transformadas	160
Quadro 5.6	: discrepância das transformações localizadas	161
Quadro 5.7	: estações da RBMC e da RRCM medidas	169
Quadro 5.8	: homônimos de controle: levantamento (centróide)	171
Quadro 5.9	: homônimos de controle: mapa (centróide)	172
Quadro 5.10	: parâmetros de transformação	173
Quadro 5.11	: coordenadas SAD69 do mapa urbano transformadas	173
Quadro 5.12	: Salgadinho: discrepâncias da transformação localizada	175
Quadro 5.13	: estações RBMC - RRCM – RL (Praia Bela)	185
Quadro 5.14	: coordenadas da parcela rural	188
Quadro 5.15	: parcelamento urbano – Praia Bela	189
Quadro 5.16	: procedimentos para implantação de uma base cartográfica	191
Quadro 6.1	: procedimentos para o diagnóstico	201

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Antes de Cristo
AM	Automated Mapping
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BIC	Boletim de Informações Cadastrais
BIH	Bureau International de L'Heure
BL	Boletim de Logradouros
CAD ou CADD	Computer-Aided Drafting and Design
CCD	Charge Coupled Device
CCGB	Comissão da Carta Geral do Brasil
CDDIS	Crustal Dynamics Data Information System
CEMIG	Centrais Elétricas de Minas Gerais
CEP	Código de Endereçamento Postal
CIATA	Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico
CLI	Comandos de linguagem
CPD	Centro de Pesquisa de Dados
CPSRM	Centro de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia
DBMS	Database Management Systems - Sistemas de gerenciamento de banco de dados.
DGPS	Differential GPS
DIGSA	Reunião de Diretores de Institutos geográficos Sul-americanos
DORIS	Doppler Orbitography by Radio-Positioning Integrated on Satellite
DL	Divisão de Levantamentos
DoD	Department of Defense
DPO	Departamento de Planejamento e Obras
EGM	Earth Gravity Model
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FIG	Federação Internacional dos Geômetras
FM	Facilities Management
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System(GPS, GLONASS, Galileo)
GM	Constante gravitacional da Terra
GPS	Global Position System
GRS	Geodetic Reference System
IAG	International Association Geodesic
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	identificador
IGEO	Instituto de Geociências
IGN	Institut Geographique National
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPGH	Instituto Pan-americano de Geografia e História
IPGH	Instituto Pan-americano de Geografia e História
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
ISO	Organização Internacional para Normatização
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
ITRS	International Terrestrial Rotation System
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics

LLR	Lunar Laser Ranging
LTM	Local Transversa de Mercator
MMA	Núcleo de Monitoramento Ambiental e de Recursos Naturais por Satélite
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
MNA	Modelo Numérico de Altitude
MUBDJP	Mapa Urbano Básico Digital de João Pessoa
NAD83	North American Datum of 1983
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NAVSTAR	Navigation satellite with time and ranging
NBR	Norma Brasileira de Referência
NIMA	National Image Map Agency
NUPAC	Núcleo de Pesquisas Antárticas
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
PVG	Planta de Valores Genéricos
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RDBMS	Relational Database Management Systems
REGPS	Rede Estadual GPS
REPLAN	Reajustamento da Rede Planimétrica
RIBaC	Rede Incra de Bases Comunitária
RINEX	The Receiver Independent Exchange Format Version
RL	Rede de Levantamento de apoio
RN	Referências de Nível
RRCM	Rede de Referência Cadastral Municipal
RRNN	Referências de Nível referenciadas ao SGB
RTM	Regional Transversa de Mercator
SAD69	South American Datum de 1969
SGR	Sistema Geodésico de Referência
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIO	Scripps Institution of Oceanography
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SIRGAS2000	SIRGAS, realização 2000,4
SIVAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SLR	Satellite Laser Ranging
SPG	Sistema de Posicionamento Global ®
SQL	Structured Query Language - linguagem de busca estruturada
TIN	Triangular Irregular Network
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UGGI	União Geodésia e Geofísica Internacional
UTM	Universal Transversa de Mercator
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
WGS84	World Geodesic System de 1984

GLOSSÁRIO

- COLLOCATION (Colocação) – Técnica de estimação de parâmetros por MMQ, que combina ajustamento, filtragem e interpolação (GEMAEL, 1994).
- DISCREPÂNCIA – Definido, nesta tese, como sendo o vetor resultante do deslocamento de um mesmo ponto representado em sistemas de referência distintos.
- ESTRUTURA BÁSICA – conjunto de estações. Suas coordenadas e velocidades, e respectivas estimativas de precisão, correspondente à realização. - Equivalência em outros idiomas: “*Frame*” (inglês); “*Marco*” (espanhol).
- GEORREFERENCIAR – significa dizer que o ponto a ser determinado estará diretamente ligado ao sistema de referência geocêntrico oficial do país, no caso do Brasil é o Sistema Geodésico Brasil – SGB, constituído por um Banco de Dados Geodésico - BDG que poderão ser tomados como referência.
- HOMOGENEIZAÇÃO – processo de ajustamento de dados de diferentes origens e/ou diferentes sistemas de referência, onde ao final do processo as precisões relativas dos pontos envolvidos apresentam-se com a mesma tensão, na região de abrangência considerada (HETTWER, 2003).
- HOMOLOGAÇÃO DE ESTAÇÃO - procedimento de análise com especificações preestabelecidas para servir de referência à instituição mantenedora da rede considerada.
- POSICIONAMENTO ESPACIAL – valores coordenados de pontos sobre a superfície terrestre ou fora dela, relacionados a um sistema de referência pré-definido bi, tri ou quadridimensional (considerando o tempo como 4ª dimensão).
- REALIZAÇÃO OU MATERIALIZAÇÃO - A Realização de um sistema geodésico traduz de uma forma prática a definição desse sistema com vistas a permitir seu uso. Desta forma, usa-se o termo Realização ou Materialização, para denominar

um conjunto de estações geodésicas e suas respectivas coordenadas de referência e velocidades. - Equivalência em outros idiomas: *“Realization”* (inglês); *“Realización”* (espanhol).

- REDE ATIVA – rede geodésica de um sistema geodésico de referência que efetuam medições GPS continuamente.
- REDE ATIVA ALTIMÉTRICA - rede de medições GPS e maregráficas contínuas, fazem parte do SGB.
- RBMC – REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO – Rede de estações que efetuam medições GPS contínuas e fazem parte do SGB e SIRGAS.
- REDES ESTADUAIS – Rede referência de âmbito estadual, implantadas por GPS, segundo especificações e normas do IBGE, fazem parte do SGB.
- REDE DE LEVANTAMENTOS - Rede referência de âmbito local, implantadas para dar apoio aos levantamentos e atualizações cartográficas e cadastrais – normalmente as estações são intervisíveis duas a duas.
- REDE GPS – Rede de referência do SGB, implantada por técnica GPS e homologada pelo IBGE.
- REDE PASSIVA – Rede de estações sistema SGB, parte foi implantadas por tecnologia clássica e parte por tecnologia GPS.
- REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL (RRCM) - Rede referência, de âmbito regional, implantadas por GPS, faz parte do SGB, quando homologadas pelo IBGE.
- RIBaC – REDE INCRA DE BASES COMUNITÁRIAS — Rede de estações que efetuam medições GPS contínuas e é administrada pelo INCRA.

- SISTEMA DE POSICIONAMENTO LOCAL (LPS). – em inglês: Local Positioning System (LPS) – modernamente são utilizados para interagirem com sistema de posicionamento global (GPS), para georreferenciamento de pontos impossibilitados de serem medidos diretamente por observações satelitais. (túneis, densidades urbanas, vegetação... entre outras) (AWANGE, 1999).
- SIRGAS – SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO PARA AS AMÉRICAS.
- SIRGAS2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, realização 2000,4 – é o sistema geodésico de referência do SGB.
- SISTEMA DE REFERÊNCIA TERRESTRE – Define-se um Sistema de Referência Terrestre a partir do conjunto de parâmetros e constantes que caracterizam, conceitualmente, de uma forma abstrata e ideal, um objeto matemático do qual, posições de pontos serão expressas. – Equivalência em outros idiomas: *“Reference System” (inglês); “Sistema de Referencia” (espanhol)*.
- TRIANGULAÇÃO DE DELAUNAY – método de interpolação que investiga a vizinhança através de triângulos, cujos vértices, são os pontos do universo envolvido, contextualizado de LAWSON (1997) apud (HETTWER, 2003).

1 – INTRODUÇÃO

O Decreto Lei 5334-2005 instituiu o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, realização 2000,4 - SIRGAS-2000, como novo sistema geodésico de referência para o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional – SCN, daí o Brasil passou a conviver com três sistemas de referência oficiais (SIRGAS2000, SAD-69¹ e CÓRREGO ALEGRE²), portanto com a necessidade de distingui-los e correlacioná-los. Neste trabalho, as estratégias e procedimentos para vincular parcelas territoriais num sistema qualquer do SGB ao SIRGAS2000, caracterizaram-se por diagnoses das discrepâncias entre transformações para áreas limitadas, das análises numéricas e gráficas dos resíduos e dos resultados dessas transformações bem como, das correspondentes propagações de erros. Para levar um sistema a outro foi adotada uma Transformação Conforme, a estimativa dos parâmetros de transformação se deu pelo Método dos Mínimos Quadrados Combinado - MMQ Combinado - e as análises estatísticas efetuadas com nível de aceitação de 95% de confiança. Foram estudadas parcelas rurais e urbanas e os problemas oriundos de dados referenciados a sistemas diferentes entre si.

Entre outros, foram considerados e abordados nesta tese, problemas como os hiatos e sobreposições que ocorrem entre parcelas territoriais contíguas devido ao desconhecimento da precisão e exatidão nos levantamentos geodésicos e cadastrais bem como, problemas decorrentes do processamento dos cálculos que ocorrem sem superabundância de observações e medições de controle, não oferecendo possibilidades de ajustamento e homogeneização, e, assim produzem incertezas nos valores das coordenadas, considerando também que, dados de origens e/ou referenciais diferentes podem acarretar interpretações posicionais equivocadas.

Justifica-se esta pesquisa pela necessidade das medições cadastrais carecerem ser vinculadas ao novo SIRGAS2000 considerando-se a propagação do erro, o princípio da vizinhança e da necessidade de homogeneização dos pontos envolvidos para

¹ SAD-69 – Datum Sul Americano, adotado oficialmente em 1979, com origem de orientação topocêntrica no vértice do SGB CHUÁ em Minas Gerais.

² Datum CÓRREGO ALEGRE, em Córrego Alegre – MG, adotado em 1944 como referência planimétrica do SGB.

região considerada. Devendo-se ater que as parcelas territoriais sejam georreferenciadas com precisão e exatidão compatíveis com a legislação e normas vigentes.

O objetivo fundamental deste trabalho foi desenvolver estratégias de vinculação do sistema de referência geodésico oficial SIRGAS2000 para georreferenciamento de parcelas territoriais em virtude dos múltiplos sistemas de referência oficiais vigentes no Brasil.

E, como objetivos específicos, foram estudadas, pesquisadas e apresentadas as seguintes ações:

- Desenvolver e descrever procedimentos operacionais com vistas à obtenção de valores homogêneos, através de análise numérica e gráfica de resíduos oriundos das transformações de sistemas, considerando a qualidade e origens dos levantamentos cadastrais primitivos, obtidos de fontes e/ou referenciais distintos, considerando a propagação do erro e o princípio da vizinhança para redes de referência regionais vinculadas ao SIRGAS2000.
- Desenvolver seqüências de procedimentos para o uso adequado de mapas elaborados em outro sistema do SGB, vinculando-os ao SIRGAS2000 e vice-versa bem como, um roteiro para planejamento, execução e conclusão de projetos de vinculação de parcelas territoriais ao SIRGAS2000.
- Apresentar uma rotina de procedimentos para atender o usuário (mensurador) nas atividades de transporte de coordenadas precisas, densificação de pontos de referência e na definição do domínio físico do território da parcela (localização, dimensões e limites) de forma única, relativamente ao SIRGAS2000.
- Quantificar valores numéricos de qualidade geométrica (precisão e exatidão) que um cadastro de parcelas territoriais (urbano e rural) vinculado ao SIRGAS2000 deve ter para satisfazer às condições legais brasileiras, considerando a propagação de erro e o princípio da vizinhança dos pontos que caracterizam seus limites.

Visando atingir os objetivos supra, além dos estudos científicos e pesquisas literárias, efetuou-se tres ensaios: 1- Ensaio João Pessoa - transformação e vinculação ao SIRGAS2000 a partir do SAD69; 2 - Ensaio Salgadinho - transformação e vinculação ao SAD69 a partir do SIRGAS2000; 3 - Ensaio Praia Bela – projetado e executado diretamente no sistema SIRGAS2000. Como resultado obteve-se: definição de parâmetros de transformação para área considerada, suas precisões, quantificação das discrepâncias vetoriais, diagnósticos específicos e sugestão de procedimentos para a homogeneização dos pontos da região. Complementarmente, em forma de quadro, foi produzido, para cada caso, uma rotina com os procedimentos sequenciais para atingir os objetivos dos respectivos ensaios.

Pesquisou-se sobre o desenvolvimento histórico das ciências geodésicas e cartográficas do Brasil, bem como do cadastro territorial e da legislação brasileira correspondente, e foram apresentados como uma cronologia histórica.

Como recomendação, sugeriu-se que os mapas representados em outro sistema de referência, para migrarem para o SIRGAS-2000 passassem por um diagnóstico e uma análise de qualidade; que a inserção de pontos sobre um mapa ou a extração de pontos deste mapa, sigam uma rotina, de tal maneira que se identifique a discrepância pontual e a precisão e que os dados dos levantamentos em WGS-84 sejam guardados em forma de banco de coordenadas. Recomendou-se também, uma seqüência de operações sistemáticas, para determinação de redes de referência vinculadas ao SIRGAS2000, bem como para implantação de bases cartográficas referenciadas ao SIRGAS2000 (Rede de Referência Cadastral Municipal - RRCM, Rede de Levantamento - RL e representação cartográfica da mancha urbana e de expansão urbana), particularmente para cidades de pequeno porte. Finalmente sugeriu-se, a definição de “parcela” como unidade territorial para o Brasil; mudanças nas normas da ABNT-13133-94 e, também a instituição de um Banco de Coordenadas para o Brasil - órgão gestor de dados georreferenciados, de múltiplas origens e para vários fins - como objeto de continuidade dos estudos apresentados nesta tese.

Recomendou-se também, indicativos de leis (não normas) que determine a “unidade territorial básica” e que seja definida em termos de parcelas territoriais (como a FIG sugere, adaptada, de acordo com [CARNEIRO, 2003], ao desenvolvimento histórico, à legislação e à cultura do país) e, georreferenciada ao SGB – SIRGAS2000.

A tese abrange sete capítulos, mais dois anexos.

- No capítulo um, introdutoriamente fala-se sobre a lei que instituiu o novo SGB SIRGAS2000, levanta-se a problemática que fundamentou a pesquisa; versa sobre as incertezas dos levantamentos geodésicos, topográficos e cadastrais que conduzem parcelas territoriais contíguas a se sobreporem; a dados de campo de origens e referenciais diferenciados podem levar interpretações posicionais e tomadas de decisões equivocadas; da necessidade do especialista mensurador efetuar procedimentos métricos e de observações de tal modo que permita o ajustamento e a homogeneização dos valores dos limites das parcelas.

Continuando, justifica-se a pesquisa apresentando a necessidade do georreferenciamento das parcelas territoriais estarem vinculadas homogeneamente ao SGB-SIRGAS2000, com qualidade posicional que satisfaça a legislação e normas vigentes; fala-se da necessidade da homogeneização do campo de pontos envolventes às parcelas, considerando a propagação de erros e o princípio da vizinhança; também da possibilidade de discutir sobre a definição da Parcela ser a “unidade territorial básica” para o Brasil.

- No capítulo dois, aborda-se introdutoriamente a concepção da função social da propriedade da terra sob o ponto de vista “tomista”; a inserção desse conceito na constituição de 1934 onde a propriedade se sujeita às limitações particulares em benefício do bem comum e segue até a Constituição Federal de 1988, como um dos princípios fundamentais da ordem econômica; cita as leis 10257/01 (estatuto da cidade) e a Lei 10267/01 (CNIR) que prestigiam sobremaneira o parcelamento do território, seu uso e ocupação; em seguida, faz-se o vínculo entre parcela territorial e a necessidade desta estar com seus limites georreferenciados ao SGB atual; define-se o conceito de *homogeneização*, sob o ponto de vista de um banco de dados de um campo de pontos de tipos e origens e até referenciais diferentes; versa sobre a definição de parcela enquanto uma superfície territorial de regime jurídico único; da

necessidade de elaboração do cadastro das parcelas territoriais urbanas e rurais e sugere, como uma alternativa, a institucionalização de um Banco de Coordenadas para o Brasil.

Continuando este capítulo, disserta-se sobre a cronologia das ciências geodésicas e cartográficas no Brasil (particularmente sobre o sistema geodésico, topografia e cartografia) e do nosso sistema cadastral e a evolução da legislação pertinente; aborda também, como consequência dessa história no decorrer do tempo, a questão da precisão posicional e da sua necessidade no georreferenciamento de parcelas territoriais urbanas e rurais.

- No capítulo três pesquisou-se sobre sistemas de referências globais, o que está ocorrendo nas outras nações, a fase de transição; com relação ao Brasil, é dissertado sobre as redes clássicas, mudanças de modelos matemáticos de referência, dos dados, tanto planimétricos como altimétricos, suas realizações e tentativas de melhoramento com o uso do sistema GPS e ajustamentos; do Projeto Interamericano SIRGAS, da adoção do SIRGAS2000 para o Brasil, das redes geodésicas ativas (RBMC, RIBaC, estaduais e particulares), das redes GPS de referência estaduais. E finalmente, da nossa necessidade de vincular a parcela territorial ao novo sistema de referência brasileiro SIRGAS2000. Pesquisou-se sobre o cadastro no mundo, como é feito e quais as tendências e perspectivas, inclusive, apresenta-se “flashes” das obras “Cadastro 2014” e da FIG como modelos de referência a serem observados, discutidos e adaptados às nossas condições econômicas, políticas e culturais, de maneira que iniciemos com a criação de uma cultura que vislumbre um sistema funcional e interligado, com a multifinalidade das informações contidas num sistema cadastral.

- No capítulo quatro, discute-se sobre as possibilidades de vinculação homogênea de dados, tanto de pontos de referência, como de limites de parcelas, ao SIRGAS2000. Pesquisou-se sobre os vários procedimentos de homogeneização feitos na atualidade; do método por colocação por MMQ, do método que utiliza injunções geométricas e por otimização de redes. Discutiu-se sobre as possibilidades de diagnosticar situações localizadas, através de vetores de discrepância entre pontos identificados nos mapas existentes e o respectivo

homônimo levantado no campo, transformados a um sistema comum do SGB e a um sistema particular através de transformações localizadas. Por meio dessas análises, possibilitam indicar a homogeneização como opção e recomendação aos levantamentos para fins de cadastro, urbano e rural que satisfaçam resultados desejados.

- O capítulo cinco, através de três ensaios – João Pessoa, Salgadinho e Praia Bela, foram feitos diagnósticos particulares. Mostra-se a utilização de programas acadêmicos para o diagnóstico, as adaptações, as experiências e os resultados obtidos. São programas de transformações de sistemas e de ajustamentos, desenvolvidos por pesquisadores e especialistas, já em uso no meio acadêmico como o Adjust desenvolvido pelo Professor Paul R. Wolf da Universidade de Wisconsin - Madison e pelo Professor Charles D. Ghilani da Universidade da Pensylvania por exemplo.

- No capítulo seis foram feitas as considerações relevantes com relação aos objetivos, às justificativas, aos resultados esperados e atingidos e, finalmente, às conclusões com as respectivas recomendações e restrições do conjunto da obra.

- O capítulo sete apresenta a literatura pesquisada em forma de referências bibliográficas.

- Por fim são apresentados os anexos:

O anexo A apresenta planilhas, tabelas, cálculos relativos ao ensaio João Pessoa, e; no anexo B são apresentadas as planilhas, tabelas, cálculos, e gráficos relativos ao ensaio Salgadinho.

2 - O CADASTRO NO BRASIL E O SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

A doutrina da função social da propriedade da terra segundo CHAGAS (2002) na concepção tomista¹, nitidamente democrática, visando o bem comum, sem sacrifício dos direitos fundamentais do homem, tem sua gênese na sociologia. Essa doutrina da "função social da propriedade" não tem outro fim senão o de dar sentido mais amplo ao conceito econômico de propriedade, encarando-a como uma riqueza que se destina à produção de bens que satisfaçam as necessidades sociais.

A questão da *função social da propriedade*, aplicada na Constituição Federal de 1934 (art.13, §17 e art. 125), trata-se de um marco para o Direito urbano e rural, uma vez que, a partir de então, a propriedade se sujeita às limitações da lei imposta ao particular em benefício do bem comum. A Carta Magna de 1988, hoje vigente neste país contemplou a regra pela qual ***“a propriedade atenderá a sua função social”***.(BRASIL,1988) .

No **art. 170** está inserido a “função social da propriedade” como um dos princípios fundamentais da Ordem Econômica.

O **art. 182. § 2º** concretiza o princípio: “A ***propriedade urbana*** cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor.”

E, o **Art. 186**. dispôs da mesma forma, para o meio rural, com o cumprimento de outras condições.

A função social é cumprida quando a ***propriedade rural*** atende simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos”:

- I - aproveitamento racional e adequado;
- II - utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente;
- III - observância das disposições que regulam as relações de trabalho;
- IV - exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores.

Ainda, sobre os aspectos supra, podem-se citar as Leis **10257/2001** (Estatuto da Cidade) e a **10267/2001** (CNIR – Cadastro Nacional de Imóveis Rurais); são leis que prestigiam sobremaneira o parcelamento do território, seu uso e ocupação pelo homem, gerida e de acordo com os preceitos da legitimidade, legalidade e utilidade,

¹ Referente a São Tomás de Aquino.

de maneira ordenada e pacificamente, sobretudo, fundada na harmonia social (OLIVEIRA, 2001).

A propriedade, enquanto parcela territorial, para ser gerida, conforme os preceitos acima, está fortemente vinculada a definição espacial dos seus limites no sentido de que a respectiva área deva ser identificada descritiva (memorial descritivo), gráfica (representação cartográfica), numericamente (por coordenadas georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB) e por um código universal (identificador lógico alfanumérico) de tal forma que se apresente única, rigorosa e inequivocamente sobre a superfície da terra e, que ao final constitua-se em um espaço de direito. O georreferenciamento por sua vez deve ser elaborado utilizando dados confiáveis para manter a exatidão e precisão de conformidade com a legislação vigente sem sobreposição ou hiatos entre parcelas contíguas. De acordo com HETTWER (2003) o problema é que geralmente os dados – transportados de um sistema geodésico de referência, por ex. até a densificação do campo de pontos, para o georreferenciamento dos limites das parcelas, são obtidos, conduzidos, tratados e até referenciados a sistemas diferentes e de maneiras distintas, sendo assim, produzem banco de dados originais diferentes (em tecnologias, técnicas, equipamentos, métodos de obtenção, precisões, entre outros). Daí a necessidade do controle através do georreferenciamento e da homogeneização desse campo de pontos que servirá de referência para identificação dos pontos dos limites das parcelas territoriais e que, ao final, os próprios limites também estejam no processo homogeneizados.

Segundo HETTWER (2003) o termo *homogeneização* designa, em um processamento de geo-dados – entenda-se como geo-dados um campo de pontos sobre a superfície terrestre considerada -, os métodos para produção de um volume de dados uniformes a partir de diferentes volumes - tipos - de dados originais ou primários (GPS, estação total, teodolito, prisma, etc.). E ainda, se esses dados estão em sistemas de referência diferentes, então se faz necessário convertê-los a um sistema de referência comum e uniforme.

O controle terrestre, de maneira geral, consiste de um campo de pontos referenciados bi ou tridimensionalmente, distribuídos sobre a superfície física que,

direta ou indiretamente, dá apoio às diversas atividades – de planejamento, de projetos, cadastrais, registrais, fiscais bem como produtos da cartografia sistemática e temática, entre outras. Particularmente o controle terrestre apóia, entre outras, às operações geodésicas (densificação de redes geodésicas), topográficas (operações métricas angulares e lineares), fotogramétricas (na determinação de pontos de apoio p/ controle do mapeamento fotogramétrico) para produção cartográfica e cadastral, seja ela rural ou urbana.

Sobre esse produto cartográfico são lançadas as informações geométricas do cadastro, tornando este confiável e representativo relativamente aos aspectos físicos do ambiente, cuja representação em determinada projeção cartográfica seja garantida a universalidade dos dados para múltiplos fins e a singularidade na definição dos limites das parcelas (BRANDÃO, 2003).

2.1 – Cronologia Histórica - Considerações

O Brasil de uma maneira geral, é sabidamente um país sem tradição em cadastro imobiliário, tanto urbano como rural, e particularmente, nos moldes que a FIG recomenda. No entanto, quanto a ordenação territorial enquanto parcela, identificação e uso, nesses aspectos, fala-se em cadastro por aqui antes do século XVII.

Pelo tema desta tese, pela problemática e justificativa expostos, torna-se imperioso apresentar uma análise qualitativa do cadastro e da legislação cadastral brasileira até a atualidade e, também uma seção de análise da situação da infra-estrutura geodésica brasileira – desde a sua formação até o atual SBG – SIRGAS2000.

A estrutura geodésica e cartográfica do Brasil é reportada sob a ótica da diversidade técnica e tecnológica da implantação das redes de pontos de referências do SGB e para os diversos fins, dos focos de concentração geográfica desses pontos, da distribuição territorial do posicionamento bi e tridimensional, e, em alguns casos das justificativas singulares para densificar e mapear determinada região do país. Os aspectos dimensionais da nação, a falta de visão dos governantes, a própria legislação pertinente, segundo CHAGAS (1966), a cultura do povo e a necessidade de priorizar recursos para esse fim, concorreram fortemente para que o plural

metodológico, técnico e da modernização das tecnologias, também levem a heterogeneidade da qualidade posicional dos campos de pontos, georreferenciados ou não. São várias as Instituições que se utilizaram desses pontos para suas atividades, sejam elas de mapeamentos, obras de engenharia, cadastro urbano e rural, planejamento urbano, gestão territorial entre outras.

Essa diversidade fortalece a tese de que os campos de pontos utilizados num sistema de referência e os de limites de parcelas territoriais apresentem-se com qualidade posicional e homogênea, e que satisfaça aos fins – legais, administrativos e cartográficos -, e devam ser únicos sobre superfície do território, não se sobreponham nem se apresentem com hiatos nos limites contíguos, obviamente, com precisão preestabelecida que satisfaça o cadastro, o registro e a legislação. Faz-se também, uma análise da legislação pertinente à evolução geodésica, cartográfica e cadastral no Brasil e às diversas terminologias existentes nas leis, nas suas regulamentações, nas normas e portarias para representar a mesma coisa...

A análise temporal e qualitativa da legislação cartográfica e da infra-estrutura geodésica, além de justificada acima, é apresentada num mesmo ambiente literário como contribuição a notadamente pulverizada em instituições, a escassa literatura sobre o tema, apesar da inegável relevância.

2.2 – Análise Temporal e Qualitativa da Geometria e da Legislação Cadastral Brasileira.

Em quase todos os países têm se formado um conjunto de direitos públicos e privados assim como, privilégios relacionados à terra, acompanhados geralmente de um sistema quase igualmente complexo de deveres e responsabilidades. Um mapa exato em escala grande é a única base e sólida para um registro desses direitos e privilégios, deveres e responsabilidades. Nenhum sistema de registro de direitos pode ser efetivo, e nenhum sistema de contribuição sobre a propriedade da terra pode ser eqüitativo e eficiente sem uma descrição que permita identificar com certeza a propriedade sobre o terreno e, nenhuma identificação pode considerar-se segura se não se conta com um mapa apropriado ao qual se possa referir essa

descrição - 8ª Resolução da FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO (BINNS, 1953 apud DALE, 1996).

Nesse contexto, como pode ser visto, de acordo com FAO, já nos idos de 1953, percebe-se de maneira globalizada a preocupação explícita da necessidade do mapeamento cadastral com a garantia da individualização da propriedade em seus aspectos geométricos, para garantir os econômicos, jurídicos e sociais. E não poderia ser diferente, evidentemente, com cada região caracterizada pelas suas especificidades, características geográficas, tecnologias e pela cultura. No entanto, em qualquer situação o aspecto físico/geométrico é preponderante à singularidade da parcela sobre a superfície da terra e, isso só acontece se as medições cadastrais e o sistema de referência considerado forem tomados com precisões e exatidões adequadas às especificações pré-estabelecidas.

Conforme FIG (2000):

A “Federacion International de Geometras (FIG)” destaca, numa perspectiva internacional, a importância do Cadastro como um sistema de informação territorial para o desenvolvimento social e econômico. Mostra exemplos de assuntos técnicos, legais, e de organização, que precisam ser contemplados para estabelecer e manter um Cadastro. A declaração descreve também, alguns dos diferentes papéis que os agrimensores representam na administração e operação de um Cadastro. Esta declaração não recomenda um Cadastro uniforme para todo o país ou jurisdição.

Um Cadastro está, normalmente, baseado em parcelas, e atualiza o sistema de informação territorial com um registro de interesses (por exemplo, direitos, restrições e responsabilidades). Normalmente inclui uma descrição geométrica das parcelas em conjunto com outros registros que descrevem a natureza dos interesses, a propriedade ou controle desses interesses, e freqüentemente o valor da parcela e suas benfeitorias. Pode ser estabelecido para propósitos fiscais (por exemplo, avaliação e taxação eqüitativa), para propósitos legais (transferência), para ajudar na administração e uso da terra (por exemplo, no planejamento e outros propósitos administrativos), e permite o desenvolvimento sustentável e a proteção ambiental.

Na cultura brasileira, o termo “cadastro” é utilizado em vários sentidos, e de maneira geral, é caracterizado para relacionar pessoas, coisas e objetos, cada um no seu contexto, p. ex. o “CPF - cadastro de pessoa física”, utilizado pela Receita Federal

para relacionar e identificar um contribuinte; “PIS – Programa de Integração Social” relaciona pessoas em programa social do governo entre tantos. Autores como PHILIPS (2000), CARNEIRO (2001) e BRANDÃO (2002), entre outros, também observam essa terminologia plural, daí, conclui-se que faz parte da cultura do nosso povo. Assim, o “cadastro” particularmente referindo-se à parcela territorial como sistema de informações sobre a terra, vem sempre seguido de um adjetivo, por ex. “cadastro territorial”; “cadastro imobiliário”; “cadastro rural”, “cadastro urbano”; “cadastro técnico”. A própria legislação também, por cultura ou a falta dela, utiliza várias terminologias para referir-se a “parcela territorial”, a exemplo de BRANDÃO (2003).

”No que se refere à unidade territorial, a legislação brasileira apresenta uma variedade de termos e definições, que foram estabelecidos em função de necessidades específicas de determinada atividade. Assim, por exemplo, encontram-se os termos: imóvel, lote, gleba, parcela, propriedade, estabelecimento, prédio”, entre outros para designar a “mesma coisa: a unidade territorial”.

No entanto, observa-se que a tendência terminológica está declinando no sentido da utilização do termo “cadastro técnico” e “cadastro imobiliário” para referir-se ao registro das várias informações relativamente à parcela do território como cadastro.

Um cadastro territorial baseado em parcelas observando os direitos, restrições e responsabilidades da propriedade urbana ou rural, nos aspectos geométricos, jurídicos, econômicos e de gestão, aqui no nosso país, só na atualidade está sendo ventilado e discutido interativamente pelo poder público, instituições e comunidade científica, particularmente nos moldes da FIG e adequado à realidade cultural do país. Carecendo, no entanto, que as instituições e estudiosos perseverem na sua inclusão em legislação específica explicitamente, com a designação da instituição responsável, regras e regulamentações.

Neste trabalho, Inicia-se a análise do Cadastro no Brasil e das leis que acompanharam essa evolução com a definição portuguesa do “Sistema Sesmarias”.

Contextualizando a obra de LIMA (1991), a história territorial do Brasil começa em Portugal. O princípio da nossa ocupação territorial foi o reflexo direto do regime de ocupação da Coroa Portuguesa.

Em Portugal, na história das suas instituições territoriais, estão, portanto, as origens e os primeiros aspectos do regime de terras do Brasil. Particularmente, o das sesmarias que foi o tronco de que se ramificou a nossa propriedade imóvel.

De acordo ainda com LIMA (1991):

Na sua origem, o regime jurídico das sesmarias se entrelaça com os das terras comunitárias dos municípios medievais, que eram desfrutadas singularmente pelos munícipes. Antiquíssimo costume em algumas regiões do lugar, prescrevia se fossem terras de lavrar de uma comuna, divididas segundo o número de munícipes, e sorteadas entre estes para serem cultivadas e desfrutadas, indefinidamente, por aqueles que sobre as quais trabalhassem. À área dividida ou a cada uma dessas partes chamava-se *sexmo*².

Na etimologia, na própria palavra sesmaria, estão resumidas as características principais do seu instituto, e, como foi transferida às legislações posteriores, adequando-se à cada cultura e necessidade da região. Assim, de acordo ainda com Lima (1991):

Sesmaria deriva, para alguns, de **sesma**, medida de divisão das terras do alfoz³; como, para outros, de **sesma** ou **sesmo**, que significa a sexta parte de qualquer coisa; ou, ainda, para outros, do baixo latim **caesina**, que quer dizer incisão, corte. No entanto Herculano⁴ parece tê-la como procedente de **sesmeiro**, cuja etimologia não indica.

- Literatura mais abrangente sobre o tema da etimologia poderá ser visto na publicação de Ruy Cirne Lima (LIMA, 1991), inclusive, com as interessantíssimas colocações controversas sobre a origem do termo “sesmaria” que vêm desde o século XIII.

E, ainda, de acordo com AURÉLIO (2004):

Sesmaria:

- 1 - Terra inculta ou abandonada.
- 2 - Lote de terra inculto ou abandonado, que os reis de Portugal cediam a sesmeiros que se dispusessem a cultivá-lo;
- 3 - Bras. Antiga medida agrária, ainda hoje usada no RS, para áreas de campo de criação.

² *sexmo*. termo derivado de seis, da sexta parte da participação dos seus frutos; não necessariamente ser o território considerado dividido em seis partes como pode ser entendido).

³ Alfoz - As terras ou terrenos próximos a uma localidade ou povoação, e que dela dependem; Área ou região vizinha; arrabalde, arredores, confins (AURÉLIO, 2004);

⁴ História de Portugal., Lisboa, 1900, t. IV, liv.III, parte II, p.243.

[Havia a sesmaria do campo (que perdura) e a sesmaria do mato. A légua de sesmaria⁵ tem 3.000 braças, ou 6.600 metros.]

Certo é que a constituição das sesmarias não se fazia, sem preceder a divisão e repartição das terras não cultivadas; a renda estipulada consistia, geralmente, na sexta parte da produção ou colheita; e, por último, o objetivo que se destinava era o trabalho com arado ou pela enxada, das terras abandonadas. Sesmeiros, eram denominados os magistrados municipais, encarregados da repartição e distribuição das terras da localidade.

No contexto de CARNEIRO (2003) esse Sistema foi adotado no século XIV em Portugal e tinha por objetivo acabar com a ociosidade das terras produtivas do país, obrigava o seu cultivo, sujeitando a sua perda pelo proprietário, assim compelia ao proprietário ou a quem ele designasse a produzir, conseqüentemente, gerando recursos ao reino. Em termos práticos, nota-se uma socialização do uso da terra – o interesse coletivo sobre o particular ocioso - redistribuindo-a para quem produzisse em detrimento do produtor inoperante ou ocioso. No século XVII as terras brasileiras tinham suas apropriações por ordenação do Reino Português e as terras concedidas pelo reino ao particular eram feitas através do “Sistema Sesmarias”.

A aplicação do sistema sesmarias aplicado em Portugal e no Brasil produziram efeitos diferentes; em Portugal, a terra ou parte dela, era confiscada e redistribuída para outro que desejasse produzir, enquanto que no Brasil, o objetivo da adoção do sistema era a preocupação com a ocupação territorial devido às vastas extensões de áreas desabitadas, portanto, vulneráveis à invasão estrangeira e ao controle do Reino.

Já naquela época, como na atualidade, além do processo de apropriação de terras pelo sistema legal (concessão por sesmarias), aconteciam também as ocupações “irregulares” por pessoas que se instalavam e ocupavam áreas irregularmente para implantação da sua cultura de subsistência e moradias, assim, com essas ocupações, foram surgindo os posseiros.

⁵ **légua** – antiga unidade brasileira de medida itinerária, equivalente a 3.000 braças, ou seja, 6.600 metros (1 braça = 2,2 metros); **légua sesmaria** – antiga unidade de superfície agrária, equivalente a um quadrado de 3.000 braças de lado ou seja: 6.600 m por 6.600 m, correspondente a 4.356 hectares ou ainda a 43,56 km².

-1695 – Instituído na Colônia a **Carta Régia de 27 de dezembro 1695**, constava que, nas concessões das terras pela Colônia, a obrigatoriedade do respectivo registro e demarcação; tinha como objetivo identificar, localizar geograficamente e dimensionar áreas cultivadas (regulares e irregulares) para fins de cobrança de impostos (CARNEIRO, 2003).

-1795 – Suspensão de **Alvará 1795**, instituto que consolidava todas as leis que se relacionasse com terra. A data da sua instituição não está identificada, sabe-se, porém que, a Carta Régia estava no seu contexto.

- 1822 – Promulgada a **Resolução de 17 de julho de 1822**, extinguiu o sistema Sesmarias e instituiu a aquisição da propriedade pelo reconhecimento da posse da terra. Pode ser observado com essa mudança que, o direito à terra por este regime foi um progresso no que diz respeito ao acesso à propriedade da terra, fazendo jus à aquisição quem já a ocupava para seu sustento, geralmente, por pessoas menos privilegiadas e influentes.

- 1824 – Instituída a **Constituição Política do Império do Brasil** em 31 de dezembro de 1824. A carta de 1824 já encontrara distinto o domínio público do domínio particular e seu objetivo constituiu em manter os direitos patrimoniais de cada um. Nessas origens remotas à urbanização municipal encontrara nas ordenações do Império, por regulamentos administrativos a condição de delimitar e de fixar os limites de fruição do direito de construir (GALDINO, et al 2002). A primeira Lei brasileira de urbanização surgiu nesse período imperial; dando competência aos vereadores, incumbência sobre os aspectos relativos às edificações e sua decorrência para formação das cidades, não se falava em cadastro ainda, mas, já se vislumbrava com a ordenação territorial, talvez uma pseudogestão territorial.

- 1843 – Instituído o sistema de Registro de Hipotecas, surgiu a Lei Orçamentária nº 317, que criou o registro de hipotecas, objetivando tornar a terra a base para o crédito, porém, de acordo com Afrânio de Carvalho citado em MELO (2004) que "o registro de hipotecas não deu os resultados esperados por lhe faltarem os requisitos de especialidade e publicidade". A propriedade nessa época não se transmitia pelo contrato, mas pela tradição, que é a entrega real ou simbólica da coisa.

- 1850 - Essa data tem como o registro da primeira tentativa legal de organização territorial, **Lei nº 601 de 18 de setembro de 1850**, reporta sobre as terras devolutas do Império, disciplinou-se o regime jurídico aplicável às terras públicas. A referida lei, segundo MESSIAS (1965 apud SPU, 2005), constituiu uma das leis mais perfeitas que o Brasil já teve: humana, liberal, conhecedora da realidade brasileira, um sábio código de terras. Teve a preocupação de inserir no seu bojo a questão geodésica no cadastramento e gerenciamento do território; deu acesso à propriedade também pelo sistema de compra e venda; a Lei determinava que deveriam ser efetuados procedimentos de mensuração e demarcação das terras do império, e também, estabelecia no seu artigo 7º que o poder público era responsável em designar e instruir técnicos que deveriam efetuar essas medições. Estabelecia em seu artigo nº 13 que o “registro das terras possuídas” deveria ser feito através de declaração descritiva pelos respectivos possuidores, deste modo, originou o sistema de cadastro declaratório (BRANDÃO, et al 2000) e (SILVA, 1996 apud CARNEIRO, 2003), havia nessa Lei artigos com quesitos específicos que constavam a exigência da medição da terra:

[...]

- (c) – o governo marcaria prazos dentro dos quais, deveriam ser medidas as posses e as sesmarias, designaria e instruiria as pessoas que fariam as medições;
- (d) – os possuidores que deixassem de proceder à medição nos prazos marcados seriam multados e perderiam os benefícios da lei,;
- (e) – ao governo caberia realizar as medições das terras devolutas, respeitando os direitos dos posseiros e sesmeiros.

[...]

-1854 – foi instituído a obrigatoriedade de todos os possuidores de terras a declarar que todas as posses que fossem levadas ao livro da Paróquia Católica (Registro do Vigário), eram separadas do domínio público, tendo caráter obrigatório o registro das posses dos possuidores de terras devolutas, assim, o registro desses imóveis nos arquivos da Paróquia⁶ caracterizou um dos primeiros cadastros imobiliários do Brasil (SOUZA, 2004). O registro do vigário era um controle essencialmente possessório. No contexto de CARNEIRO (2003) esse decreto regulamentou a Lei de Terras e

⁶ Decreto-Lei nº 1318 de 30 de janeiro de 1854

definiu as atribuições e a competência da **Repartição-Geral de Terras Públicas**, órgão chefiado por um Diretor Geral, responsável pelo gerenciamento e organização das medições, pelas descrições e pela divisão das terras devolutas; tinha autoridade de propor ao Governo quais as áreas destinadas à colonização de uma maneira geral, às vilas e povoados bem como os terrenos de marinha e às destinadas à venda; tinha poderes para organizar o Registro das terras de domínio particular de todo o Império. Essa repartição foi subordinada ao Ministro Secretário do Estado dos Negócios.

- 1864 - surgiu a Lei nº 1.237 que criou o Registro Geral, denominada por muitos juristas como o embrião do Registro de Imóveis. A Lei substitui a tradição pela transcrição como modo de transferência, continuando o contrato a gerar efeitos obrigacionais. Ressalte-se, porém, que esse registro não era prova de propriedade, nem mesmo como presunção relativa, sendo que o autor precisava prová-la por outras vias como a reivindicatória (MELO, 2004).

-1868 – Instituição do **Decreto 4105 de 22 de fevereiro de 1868**, art. 1º versa sobre a concessão direta ou em hasta pública dos terrenos de marinha.

-1873 – Expedição do **Aviso de 04 de outubro de 1873** – propiciou aos posseiros comprar as terras ocupadas depois de 1854.

- 1876 – Instituída a **Inspetoria de Terras e Colonização**, órgão criado a partir da Repartição-Geral das Terras Públicas e pela Agência Oficial de Colonização.

-1890 – Estabelecimento do registro e a transmissão de imóveis, urbanos e rurais pelo sistema Torrens através do **Decreto 451-B de 31 de maio de 1890**, que segundo Rui Barbosa em (Brandão, et al 2000), o sistema Torrens é a “instituição de um processo expurgatório, destinado a precisar a propriedade, delimitá-la, e fixar de modo irrevogável, para com todos, os direitos do proprietário, autenticando-o em um título público” . Segundo os mesmos autores, no sistema Torrens é registrado a propriedade e não o proprietário e observa-se a obrigatoriedade de registrar em anexo, uma planta do imóvel referenciada geodesicamente.

-1890 - **Decreto 955-A de 05 de novembro de 1890**, diz respeito à regulamentação do Sistema Torrens. Este sistema não teve o sucesso previsto porque no seu texto de regulamentação houve artigos que tornava optativo o Registro de imóveis vigente. Segundo CARVALHO (2003) apud BRANDÃO et al (2000) contribuiu também para o insucesso a natureza judicial do Registro de Torrens brasileiro, ficou a cargo da Justiça comum e não a cargo dos Cartórios de Imóveis como em outros países que adotava esse sistema. Só a partir de 1939 com o código de Processo Civil disciplinando a inscrição de imóveis, o Registro Torrens foi admitido, facultativamente, apenas para imóveis rurais (ESPEN, 1987, apud BRANDÃO et al 2000).

- 1891 – Instituída a **Constituição Federal de 1891** – Estabelecia o Regime Federativo ao Brasil, com esse advento, foi transferido para os estados, as terras dos seus respectivos territórios, permanecendo com o governo Central apenas àquelas áreas imprescindíveis à gestão e ao patrimônio da União, tais como, terrenos de marinha, terrenos de fronteiras internacionais, as terras indígenas e as devolutas da união, as que foram do domínio da Coroa, entre outras.

-1916 – Instituído o **Código Civil Brasileiro**, pela **Lei nº 3071 de 1º de janeiro de 1916**, observou-se nessa legislação a preocupação em assegurar a propriedade, no entanto, não é reconhecido o cadastro imobiliário como instrumento de individualização do imóvel para garantia da propriedade. Os artigos 856 a 862 estabelecem o Registro de Imóveis e adota-se a obrigatoriedade da titularidade do domínio. Com isso, o sistema Torrens até então vigente, tornou-se antagônico à nova modalidade de registro, portanto, inócuo no sentido de organização territorial. O artigo nº 530 admite a aquisição da propriedade pela transcrição de transferência de contrato de compra e venda no Registro de Imóveis, por acessão, por usucapião e por herança. Em contra partida, pode-se perder a propriedade mediante desapropriação por necessidade ou utilidade pública (art.590 §2º). No código civil de 1916, a única referência sobre efetuar a mensura e a precisão necessária para legitimar as dimensões da unidade territorial está implicitamente contida no artigo 1136 e seu parágrafo único quando diz:

“ ...Se, na venda de um imóvel, se estipular preço por medida de extensão, ou se determinar a respectiva área, e esta não corresponder, em qualquer

dos casos, às dimensões dadas, o comprador terá o direito de exigir o complemento da área, e não sendo isso possível, o de reclamar a rescisão do contrato ou abatimento proporcional do preço.... § único: Presume-se que, a referência às dimensões foi simplesmente enunciativa, quando a diferença encontrada não exceder de 1/20 da extensão total enunciada.”

E, devidamente adequado é, também a única referência que faz a respeito do assunto de precisão na mensuração da área no atual código civil sancionado recentemente em 2002.

- 1933 – Divulgação na Grécia, da **Carta de Atenas**, merece citação porque pela primeira vez postulados sobre urbanismo, enquanto instituto de organização do espaço urbano visando o bem-estar coletivo local e regional, através de uma legislação, de um planejamento e da execução de obras públicas que, dentre outras conclusões da carta, foram citadas as funções do urbanismo contemporâneo - habitar, trabalhar, recrear, circular – no contexto da busca por programas específicos de leis para os territórios urbanos. Daí, o surgimento das primeiras ações de gestão urbana planejada e moderna, passando, conseqüentemente, pelo posicionamento espacial da parcela no território urbano. Talvez, como reflexo dessa nova visão do urbanismo e atentos ao conceito da função social da propriedade, os parlamentares da época, inseriram no texto da constituição promulgada no ano seguinte 1934 no artigo 13 § 17 a desapropriação da parcela territorial “[...] do interesse coletivo sobre o particular; ...por necessidade ou utilidade pública [...]” vislumbrando entre outras ações, implementação dos equipamentos urbanos, comunitários e de circulação, sob a ótica da Carta de Atenas, para melhoria da qualidade de vida dos habitantes, no que diz respeito à ocupação ordenada do espaço territorial urbano, no conforto e na garantia, nos termos da lei, da propriedade.

- 1934 – Instituída a **Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil** em 16 de julho de 1934. Pela nova constituição foi assegurado o direito de propriedade, mas não pode ser exercido em detrimento do interesse social ou coletivo; previu a desapropriação do bem particular por necessidade ou utilidade pública, bem como a apropriação rural ou urbana por ocupação mansa e pacífica. Expressando-se dessa maneira, nos termos dos seus artigos 13 e 125 entre outros, a percepção da função social da propriedade ao condicionar seu uso ao bem estar social. Nesse mesmo

instituto conferiu aos estados a competência para decretarem impostos sobre a propriedade territorial, exceto urbana.

-1944 - Criado o **Serviço do Patrimônio da União - SPU** (Decreto-lei nº 6.871/44)

Transformou a Diretoria do Domínio da União em Serviço do Patrimônio da União SPU, órgão integrante do ministério da Fazenda, teve por finalidade defender, guardar e conservar o patrimônio imóvel da União. O patrimônio imóvel da União, entre outros, compreende: os terrenos de marinha e seus acrescidos; os de mangue e das ilhas situadas em mares territoriais ou não; as ilhas situadas em rios que limitam o Brasil; a porção de 66⁷ quilômetros da faixa das fronteiras; os terrenos dos extintos aldeamentos de índios; terrenos da União que esta arrenda, aluga ou dá em aforamento, a particulares; os bens que foram do domínio da Coroa. Em sua estrutura administrativa foi instalada uma Divisão de Cadastro que compreendia as seções de Coleta de Dados, de Registro e Mapoteca. A mensuração das parcelas territoriais da União para fins de cadastro o SPU teve a atribuição e responsabilidade de mensurá-las a partir de 1946 através do Decreto Lei 9760.

- 1946 – Foi criado o **Conselho de Terras da União – CTU**, no Ministério da Fazenda, órgão de julgamento e deliberação, na esfera administrativa, de questões concernentes a direitos de propriedade ou posse de imóveis entre a união e terceiros. Incumbe ao **Serviço de Patrimônio da União – SPU**, através do Decreto Lei nº 9760 de 05 de setembro 1946, a promover as demarcações e aviventações de rumos, desde que necessária à exata individuação dos imóveis de domínio da União e sua perfeita discriminação da propriedade de terceiros (art. 15); a discriminação administrativa das terras na faixa de fronteira e nos Territórios Federais, bem como de outras terras do domínio da União, a fim de descrevê-las, medí-las e extremá-las do domínio particular (art.19). Estabeleceu que os gerenciamentos das terras e dos bens públicos da União em geral, ficaram a cargo do SPU (GALDINO, et al 2000). Disponibilizou, no mesmo decreto lei, os terrenos da União, para fins agrícolas e de colonização, em zonas rurais, a critério do Ministério da Agricultura, sendo este, responsável pela organização e planejamento dos núcleos agrários, podendo ser loteados e vendidos àqueles brasileiros que quisessem dedicar-se à agricultura,

⁷ Atualmente 150 km, art. 20, Constituição Federal de 1988

ficando o M A incumbido de enviar ao SPU cópia do referido Projeto devidamente aprovado.

- 1946 – Instituída a **Constituição Federal de 1946** – entre outras prerrogativas relativas à terra, assegurou aos municípios brasileiros autonomia no que se refere à decretação e a arrecadação de tributos de sua competência. Desde então os municípios passaram a se organizar para cobrança de tributos relativos à propriedade imobiliária urbana.

- 1961 – Transferiu aos municípios a competência para decretar leis com objetivos de arrecadação de impostos sobre a propriedade territorial urbana e rural; conferida através do (art. 29) da Emenda constitucional nº 5, de 22 de novembro de 1961, que em seu bojo Institui nova discriminação de rendas em favor dos municípios brasileiros. No parágrafo único deste artigo exclui dos pequenos proprietários o pagamento do imposto sobre a propriedade rural quando esta não for superior a 20 hectares.

- 1964 – Criação do **Estatuto da Terra** institucionalizando-se com o evento as duas vertentes do cadastro imobiliário do Brasil, o cadastro imobiliário urbano excluído e inanimado pela fragilidade da legislação pertinente, e o cadastro imobiliário rural instituído com a Lei 4.504 de 31 de novembro de 1964, que regula os direitos e obrigações concernentes aos bens imóveis rurais, para os fins de execução da Reforma Agrária e promoção da Política Agrícola, inspirada na função social da propriedade contida no texto da Constituição Federal, assegurando a todos o acesso à propriedade da terra. Nessa oportunidade foi atribuído ao Instituto Brasileiro de Reforma Agrária – IBRA – hoje Instituto Nacional de Colonização e Reforma agrária – INCRA, a incumbência de promover a execução do cadastro dos Imóveis rurais de todo o país; esse levantamento “cadastral” foi elaborado sem considerar os aspectos geométricos e posicionais dos imóveis, considerou apenas os memoriais descritivos, tais como: localização geográfica da área com descrição das linhas de divisas e nome dos respectivos confrontantes; dimensões das testadas relativas às vias públicas; valor das terras, das benfeitorias, dos equipamentos e das instalações existentes; título de domínio; dados dos proprietários e de sua família (art.46). De acordo com BRANDÃO (2003), a regulamentação efetiva do cadastro rural só ocorreu, sete anos após, com a Lei 5868/72 com a instituição do **Sistema Nacional**

de Cadastro Rural – SNCR. Na prática, foi constituído apenas de informações descritivas, sem as considerações da necessidade de inserção dos elementos geodésicos de referenciamento e do rigor métrico para caracterizar a singularidade da parcela territorial sobre a superfície, na verdade, constituía-se apenas um censo de imóveis rurais.

- 1965 – Instituiu a regulamentação do Estatuto da Terra dando as diretrizes para reforma agrária e a política agrícola a ser promovida de acordo com os direitos e obrigações dos bens imóveis rurais relativos ao DL-4.504/64; vislumbrou estabelecer um sistema de relação entre o homem e a propriedade sob a ótica dos princípios da justiça social, com a gradual extinção do minifúndio, e do latifúndio, num equilíbrio para o bem-estar social rural⁸. O cadastramento da propriedade dar-se-ia através do IBRA, teve caráter simplesmente declaratório e compreendia as propriedades públicas, particulares, de posseiros e devolutas. Na ocasião foi definido também que de cinco em cinco anos seriam feitas revisões e atualizações, sugerindo utilização de técnicas e tecnologias mais modernas – por ex. interpretação de fotografias aéreas, por fotogrametria, naquelas áreas de interesse particular e que já tivesse a cobertura fotográfica ou aerofotogramétrica - para identificação da propriedade e de apuração de dados. A única referência sobre mensuração que se fez nessa regulamentação foi no Artigo 55, que exigia a comprovação do dimensionamento para aqueles imóveis com áreas inferiores 20 ha, para efeito de isenção fiscal prevista em lei, apenas isso! Não se referiu à qualidade da mensura, referenciamento ou à precisão.

- 1966 – Foi instituído o **Imposto Predial e Territorial Urbano - IPTU**, através da Lei 5172 de 25 de outubro de 1966 e delegou a responsabilidade às prefeituras municipais. Segundo SILVA (1979) dessa época em diante surgiram os primeiros cadastros fiscais imobiliários urbanos, e tiveram caráter meramente arrecadatório de impostos sobre o território e o uso do solo urbano.

-1970 – Criado, vinculado ao Ministério da Agricultura, o **Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA**, extingue o Instituto Brasileiro de Reforma Agrária - IBRA, o Instituto Nacional de Desenvolvimento Agrário - INDA e o

⁸ Contextualizados do Art. 1º do Decreto nº 55.891, de 31 de março de 1965.

Grupo Executivo da Reforma Agrária – GERA, através Decreto-Lei Nº 1.110, de 9 de Julho de 1970. O órgão foi criado com poderes e incumbências dos três órgãos extintos, inclusive, os respectivos orçamentos passaram à administração do INCRA. A estrutura do INCRA deveria ser estabelecida em regulamento baixado pelo Poder Executivo, dentro de 180 dias.

- 1972 – Criado **Sistema Nacional de Cadastro Rural – SNCR**, foi constituído pelos seguintes cadastros: Cadastro de Imóveis Rurais; Cadastro de Proprietários e Detentores de Imóveis Rurais; Cadastro de Arrendatários e Parceiros Rurais e pelo Cadastro de Terras Públicas. Incumbiu ao INCRA a fornecer, respectivamente, os Certificados de Cadastro de Imóveis Rurais⁹ e o de Arrendatários e Parceiros Rurais. Determinou também, que, para fins de transmissão, nenhum imóvel rural deverá ser desmembrado ou dividido em área de tamanho inferior a do módulo calculado para o imóvel ou da fração mínima de parcelamento. (BRASIL, 1972 - Lei nº 5.868).

- 1973 – Regulamentação da Lei nº 5.868, de 12 de dezembro de 1972 que criou o SNCR, teve o objetivo de promover a integração e sistematização da coleta, pesquisa e tratamento das informações sobre o uso e a posse da terra¹⁰. O SNCR teve como finalidades primordiais, entre outras, de efetuar o levantamento sistemático dos imóveis rurais; dos proprietários e detentores de imóveis rurais; dos arrendatários e parceiros rurais, para conhecimento das reais condições de uso temporário da terra; das terras públicas federais, estaduais e municipais, visando o conhecimento das disponibilidades de áreas apropriadas aos programas de Reforma Agrária e Colonização e da situação dos posseiros e ocupantes de terras públicas. Definiu também, que de cinco em cinco anos serão feitas revisões gerais dos cadastros integrantes do SNCR, com o objetivo de atualizar os registros cadastrais existentes e aperfeiçoar os métodos e o INCRA foi órgão responsável pela execução e atualização do SNCR. Nessa ocasião, instituiu também, a cobrança da Taxa de Serviços Cadastrais variando de 4% do maior valor do salário mínimo do país para áreas de até 20 há; de 4% desse salário acrescidos mais 4% para cada 50 ha excedente, até o limite de 1000 ha, e daí mais 4% para 1000 ha ou fração excedente. No entanto, de acordo com (SOUZA, 2004) o cadastro continuou

⁹ Entendendo-se como imóvel rural àquele que se destinar à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal ou agro-industrial e que, independentemente de sua localização, tiver área superior a 1 (um) hectare.

¹⁰ De acordo com Decreto nº 72106 de abril de 1973

declaratório e deveria ser realizado pelos proprietários, titulares de domínio útil ou possuidores de imóveis destinados à exploração agropecuária.

- 1973 – Regulamentação do **Registro Público de Imóveis**. Considerando, que o Registro de imóveis urbanos e rurais foi estabelecido na legislação em 1916, através do Código Civil, sua regulamentação plena só efetivou-se quase 60 anos após¹¹, confirmando, com esse hiato temporal, a tese de que a organização territorial brasileira sempre contou com obstáculos para sua implementação (BRANDÃO et al 2000). E, segundo os mesmos autores, particularmente, com a questão métrica e cartográfica no registro de imóveis. Observando o art. 176, relativamente às matrículas dos imóveis: são requisitos para matrícula: a identificação efetuada mediante indicação das suas características e confrontações, localização, área e denominação, se rural, ou logradouro e número, se urbano, e sua designação cadastral, se houver. Analisando o referido artigo, verifica-se que, em virtude de não ser exigido amarração geodésica georreferenciado ao SGB há evidente inconsistência métrica, pois, para ser objeto de registro, o imóvel deve ser individualizado com suas confrontações – aqui, se inclui as linhas limítrofes e confrontantes -, localização e área. Ora, se a mensuração da área - por qualquer procedimento técnico (topografia, aerofotogrametria, GPS entre outros) -, é feita através das medições dos vértices das linhas dos limites com o respectivo georreferenciamento e com superabundância de observações (ocupações), mesmo precisas e exatas tornam-se inconsistentes ou, pelo menos, incoerentes, pois se confrontar com outro imóvel não referenciado poderá ocorrer a sobreposição ou hiato e não contigüidade entre os vizinhos, logo, sem o georreferenciamento do conjunto de imóveis do território considerado, não se pode garantir o princípio da individualidade da propriedade no espaço físico. Obviamente, considerando que, a identificação dos confrontantes não possui parâmetros espaciais de localização e sim descritivos e as linhas dos seus limites caracterizam apenas a forma geométrica (mensurada ou descritiva) sem referenciamento, tudo acarretado pela não exigência da Lei.

No Capítulo XI art. 278, da mesma Lei, referindo-se ao Registro de Torrens como um procedimento opcional para os imóveis rurais; particularmente, nesta situação os registros das propriedades rurais seriam dotados de suporte geodésico; na

¹¹ Com a Lei 6015 de 31 de dezembro de 1973

oportunidade do requerimento seria apresentada uma planta do imóvel, cuja escala poderia variar de 1:500 a 1:5000. No § 1º desse artigo é dada uma seqüência de procedimentos e regras a serem seguidos:

- a) empregar-se-ão goniômetros ou outros instrumentos de maior precisão;
- b) a planta será orientada segundo o meridiano do lugar, determinada a sua declinação magnética;
- c) fixação dos pontos de referência necessários a verificação ulterior e de marcos especiais, ligados a pontos certos e estáveis nas sedes das propriedades, de maneira que a planta possa incorporar-se a carta geral cadastral.

No § 2º diz: “Às plantas serão anexadas ao memorial e as cadernetas das operações de campo, autenticadas pelo agrimensor”. Observando o aspecto métrico-cartográfico, os textos do artigo e dos parágrafos acima, possuem como pontos positivos o fato de prever o referenciamento espacial e a amarração geométrica à carta geral cadastral, além, da exigência que seja apresentada a planta do imóvel em escala grande com respectiva autenticação do agrimensor responsável. Como pode ser visto, houve um avanço no Registro de Torrens, com relação ao aspecto cadastral, mas não teve sucesso como sistema de ordenamento territorial, por ser optativo e por ter no código civil um procedimento mais ágil (sistema declaratório), porém, sem precisão métrica para garantir a singularidade da parcela no território.

- 1979 – A União instituiu regras para o parcelamento do solo para fins Urbanos – **Lei de Parcelamento do Solo Urbano** - (BRASIL, 1979 – Lei 6766 de 19/12), facultou aos estados e municípios estabelecer normas para adequá-las às singularidades regionais e locais. O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento¹²; dos requisitos urbanísticos exigidos para os loteamentos, destacam-se a obrigatoriedade de disponibilização de áreas destinadas à implantação de equipamentos urbanos e comunitários, além, de sistema de circulação; os lotes terão áreas mínimas de 125m² com frente mínima de 5 metros, salvo àqueles de interesse social previamente aprovados por órgão público competente; a percentagem de áreas públicas não poderá ser inferior a 35% (trinta e cinco por cento) da gleba, salvo nos loteamentos destinados ao uso

¹² Considera-se loteamento, a subdivisão da gleba em lotes destinados à edificação, com abertura de novas vias de circulação e de logradouros públicos; considera-se desmembramento a subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com o aproveitamento do sistema viário e de circulação existente.

industrial; o projeto será apresentado à prefeitura contendo desenhos e memorial descritivo acompanhado do título de propriedade e certidões. Os desenhos devem conter pelo menos: a subdivisão das quadras em lotes, com as respectivas dimensões e numeração; o sistema de vias com a respectiva hierarquia; as dimensões lineares e angulares do projeto, com raios, cordas, arcos, pontos de tangência e ângulos centrais das vias; os perfis longitudinais e transversais de todas as vias de circulação e praças. No entanto, observa-se que não se faz nenhuma consideração a respeito da qualidade métrica e do referenciamento da mensura, do levantamento, da precisão e da representação cartográfica do projeto. O respectivo memorial descritivo deverá conter: a descrição do loteamento, com as suas características e zonas de uso predominante; as condições urbanísticas do loteamento e as limitações incidentes sobre os lotes e suas construções; a indicação dos marcos de alinhamento e nivelamento localizados nos ângulos de curvas e vias projetadas; a indicação das áreas públicas que passarão ao domínio do município no ato de registro do loteamento. E determina que municípios com menos de 50.000 habitantes poderão dispensar a fixação das diretrizes previstas acima, conseqüentemente, heterogeneizando uma sistemática que, mesmo sem ser condição ideal relativamente às mensurações e representações, representa um avanço na organização do espaço urbano planejado.

Com relação aos Registros dos loteamentos e desmembramentos, a Lei não faz nenhuma referência sobre o posicionamento espacial da parcela sobre o território considerado; solicita apenas, em termos descritivos, a situação geográfica do loteamento e dos lotes. No ato do Registro, deverão ser apresentados os seguintes documentos: título de propriedade do imóvel; histórico dos títulos de propriedade dos últimos vinte anos (certidão vintenária); comprovante da execução da demarcação dos lotes, quadras e logradouros e das obras de escoamento das águas, entre outras. O registro do loteamento será feito, por extrato, no livro próprio, no cartório de Registro de Imóveis, e efetuado com uma indicação para cada lote e a averbação das alterações. Passam a integrar o domínio do Município as vias e praças, os espaços livres e as áreas destinadas a edifícios públicos e outros equipamentos urbanos, constantes do projeto e do memorial descritivo (BRASIL, 1979), (BRANDÃO, 2000) e (GALDINO, et al 2002).

- 1988 – Instituída a **Secretaria do Patrimônio da União – SPU**, nova denominação do Serviço do Patrimônio da União - SPU, recebendo, por força do Decreto nº 96.911, de 3 de outubro de 1988, sua atual denominação. Atualmente a SPU integra a estrutura do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e, as suas respectivas atribuições estão atualizadas e descritas no art. 29 do Decreto nº 3.858, de 04 de julho de 2001, entre outras, as de proceder: a demarcação e identificação dos imóveis de propriedade da União; formular política de cadastramento de imóveis da União e elaborar sua planta de valores genéricos.

- 1988 – Instituída a **Constituição Federal de 1988**, verificou-se significativo progresso no que diz respeito à propriedade e ao atendimento da sua função social - ao bem estar coletivo sobre o individual. Dos direitos individuais, é garantido o direito à propriedade e que esta atenderá a sua função social; estabelece a desapropriação (urbana ou rural), de maneira geral, mediante justa e prévia indenização em dinheiro, e, particularmente, ressalvados cláusulas previstas na própria Constituição, em títulos da dívida pública. Sobre o território urbano: compete a União elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território; aos Estados está a incumbência de instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamentos de Municípios limítrofes, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum e, dá atribuições aos Municípios promoverem, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano; suplementar a legislação federal e estadual no que couber, observando suas limitações no sentido de não contrariar as Leis maiores estabelecidas por seus respectivos estados e pela União.

Relativamente às políticas agrícolas, fundiária e de reforma agrária, compete a União desapropriar por interesse social, para fins de reforma agrária, mediante prévia e justa indenização em títulos da dívida agrária, preservado valor real da propriedade. As benfeitorias úteis e necessárias serão indenizadas em dinheiro. O imóvel declarado por decreto, como de interesse social, para fins de reforma agrária, autoriza a União propor a ação de desapropriação. São isentas de impostos federais, estaduais e municipais as operações de transferência de imóveis desapropriados para fins de reforma agrária. A pequena propriedade rural, desde

que trabalhada pela família, não será objeto de penhora para pagamento de débitos decorrentes de sua atividade produtiva.

Segundo autor desta Tese, essa seria uma oportunidade de inserir no texto constitucional, a necessidade de mensuração da parcela territorial, como componente, entre outros, de avaliação da terra, e, ao mesmo tempo, dando-se a iniciação mansa e pacífica, juntamente com a legislação pertinente ao registro imobiliário, a um cadastro com informações sobre a terra georreferenciado e a propriedade registrada com garantia do seu posicionamento geográfico espacial único sobre o território, atendendo à propriedade e ao proprietário (BRANDÃO, 2000), (CARNEIRO. 2003) e (BRASIL, 1988).

- 1998 – Instituída a norma NBR 14.166 (ABNT, 1998), que trata de indicadores de procedimentos técnicos de apoio geodésico e topográfico para implantação de **Redes de Referência Cadastral Municipal – RRCM**, georreferenciados ao SGB como referência única para as coordenadas dos limites das parcelas territoriais. Apresentou um grande avanço para identificação de imóveis, tanto urbanos como rurais, no âmbito do município, mesmo sem força de Lei, é altamente recomendada aos gestores municipais para gerenciamento do seu respectivo território, no que diz respeito à precisão e exatidão das suas parcelas.

- 1999 – O INCRA cancela os cadastros rurais do SNCR de propriedades com 10.000 hectares ou mais, conforme SABBAT(2001) a medida atingiu o conjunto dos proprietários ou detentores de qualquer título de imóveis rurais cadastrados que, embora notificados, conforme a Portaria 558/99 - INCRA, não apresentaram qualquer documentação ao INCRA. A razão básica para escolha desse conjunto de propriedades residiu no fato de que esses eram os proprietários ou detentores de áreas, sob os quais recaiu suspeição quanto à irregularidades relativas ao registro das declarações ou pela falta delas (imóveis suspeitos e grilagem). Determinou através da Portaria 558 de 15/12/1999 ainda que, as Diretorias de Cadastro Rural - DC e de Recursos Fundiários - DF realizassem perante os órgãos estaduais de terras e os cartórios de registro de imóveis competentes, levantamentos e pesquisas sobre os títulos de propriedade correspondentes e respectiva cadeia dominial. O reflexo desse levantamento de imóveis rurais cadastrados no INCRA identificou enorme percentual de inconsistência em relação à origem e seqüência dos títulos de

propriedade bem como, às dimensões das respectivas áreas. Segundo o mesmo autor até dezembro de 2000, 1.438 imóveis rurais, correspondendo 47% dos imóveis notificados deixaram de responder à Portaria, e que esses imóveis representam uma área de 46.000.000 de hectares ou 49% da área total de imóveis notificados para se pronunciarem junto ao INCRA. (INCRA, 1999 portaria 558/99).

- 1999 – Definiu-se infra-estrutura para parcelamento do solo urbano situado em **Zonas Especiais de Interesse Social** e em **Áreas Especiais de Interesse Social** (Lei 9785/99) alterando, entre outros, os requisitos e critérios para licenciamento de loteamentos, respeitando o plano diretor, se houver, bem como as obrigações e responsabilidades concernentes, contidos na Lei 6766 de 1979. São implantados em áreas desapropriadas pelo poder público, destinados à população de baixa renda e permite a dispensa de título de propriedade. Segundo PINHO (2005), relativamente aos assentamentos irregulares, favelas e loteamentos, por razões de ordem de infra-estrutura de equipamentos urbanos, houve uma época em que a tendência do poder público era limpar essas áreas com a expulsão dos seus habitantes. Na década de 80, surgiram alguns movimentos no próprio poder público que passaram a admitir na legislação – lei 6766/79, que tem no seu bojo o termo “urbanização específica de interesse social” – assim, se iniciou o interesse do gestor público na regularização desses assentamentos, não só no sentido jurídico com o título de posse ou de propriedade sobre seus locais de moradia, mas, também na organização urbanística de infra-estrutura e equipamentos urbanos (água, luz, saneamento, etc.). Segundo a mesma autora, quando se fala em parcelamento de solo, de interesse social ou não, não está se falando meramente na divisão da terra em lotes, mas, da criação de um novo assentamento urbano, da formação de uma área destinada à construção de residências, comércio, vias de acesso e de habitabilidade condigna, logo, dotada de infra-estrutura.

- 2001- Instituído o **Estatuto da Cidade**, é, basicamente a regulamentação dos artigos 182 e 183 da CF-1988, sob o nº 10257 de 10 de julho de 2001. Trata-se de uma lei que teve sua origem no ano de 1989 e foi aprovada em 10 de julho de 2001. Também pode ser visto, como cultura do país, a não observância da necessidade de garantir o posicionamento geográfico da parcela urbana de maneira inequívoca e única sobre o território ocupado, com mensuração precisa, georreferenciada e exata.

A Lei versa basicamente sobre: instrumentos da política urbana, plano diretor, gestão democrática da cidade. No entanto é observado que, sem dúvida, a concretização do Plano Diretor nos Municípios¹³ é um dos pontos mais relevantes da Lei, entretanto, salientam-se outros de importância significativa:

Nas diretrizes gerais, menciona-se a sustentabilidade das cidades, o direito à terra, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e serviços urbanos, ao trabalho e ao lazer; gestão democrática da cidade. Versa também sobre as parcerias entre diferentes instâncias na urbanização; planejamento do desenvolvimento da cidade; ordenação e controle do uso do solo; integração e complementariedade entre as atividades urbanas e rurais. Contempla a justa distribuição dos benefícios e ônus do processo de urbanização; a adequação dos instrumentos de política econômica, tributária, financeira e dos gastos públicos aos objetivos do desenvolvimento urbano; proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído. Aborda a regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda; simplificação da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo e das normas edilícias – edificação de obras públicas -, visando redução de custos e o aumento de lotes e unidades habitacionais; isonomia de condições para os agentes públicos e privados na promoção de empreendimentos e atividades relativos ao processo de urbanização (BRASIL, 2001), (OLIVEIRA, 2001) e (CARNEIRO, 2003).

Considerando ainda como Instrumentos da Política Urbana, o parcelamento, a edificação e a utilização compulsória, garantidos através do Plano Diretor; o IPTU progressivo no tempo; a desapropriação com pagamento em dinheiro ou em títulos; o usucapião, coletivo ou especial, a concessão de uso especial para fins de moradia; o direito de superfície, com concessão gratuita ou onerosa; o direito de preempção - compra antecipada - que se trata da preferência de compra dada ao Poder Público Municipal em áreas assim delimitadas.

¹³ O Plano Diretor Municipal é o produto final de uma elaborada cadeia normativa, em que todos os aspectos do uso do solo serão considerados, desde os de segurança nacional até os de mera conveniência da população de bairros, avenidas e ruas. Deve se orientar pelo Estatuto da Cidade, que apresenta como conteúdo um complexo de normas legais, abrangendo o desenvolvimento econômico-social, o meio ambiente e o uso e ocupação do solo, projetados para um determinado período, para a vida municipal. Sendo um processo longo para aprovação, uma vez lei, obriga o município e os órgãos públicos federais, estaduais e metropolitanos à sua observância, assim como aos particulares. (Galdino, et al 2002)

Com respeito ao Plano Diretor, este estabelece sua obrigatoriedade em municípios com mais de vinte mil habitantes, com a exigência de um plano de transporte urbano integrado, compatível para cidades com mais de quinhentos mil habitantes, usando de sanções para esta exigência. Estabelece o processo para sua elaboração e fiscalização, a qual deve ser feita pelos Poderes Legislativo e Executivo Municipais, juntamente com a comunidade a ser diretamente atingida. Por fim, na gestão da cidade deverá imperar institucionalização da gestão orçamentária participativa.

- 2001 – Foi instituído na legislação brasileira a obrigatoriedade das medições geodésicas e do georreferenciamento ao SGB das parcelas territoriais relativas aos imóveis rurais, **Lei 10.267 de 28 de agosto de 2001**, altera a Lei dos Registros Públicos – Lei 6015 de 31/12/73, que obriga a inserção dos valores das coordenadas no ato do registro. Nos autos judiciais que versem sobre imóveis rurais; nos casos de desmembramento, parcelamento ou remembramento de imóveis rurais, a identificação prevista será obtida a partir de memorial descritivo assinado por profissional habilitado e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, contendo as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB - e com precisão posicional a ser fixada pelo INCRA e tornar-se-á obrigatória para efetivação de registro, em qualquer situação de transferência de imóvel rural, nos prazos fixados por ato do Poder Executivo. Ficou garantida a isenção de custos financeiros aos proprietários de imóveis rurais cuja somatória da área não exceda a quatro módulos fiscais¹⁴.

Nessa oportunidade foi criado o **Cadastro Nacional de Imóveis Rurais – CNIR**, constituído de uma base comum de informações, gerenciada conjuntamente pelo INCRA e pela Secretaria da Receita Federal com o compartilhamento das informações feito através da adoção de um código identificador único para uso das instituições; obriga os proprietários, os titulares de domínio útil ou os possuidores a qualquer título, a atualizarem a declaração do cadastro sempre que houver alterações relativas à titularidade e à área, bem como, nos casos de preservação, conservação e proteção dos recursos naturais.

¹⁴ MÓDULO FISCAL – unidade de área com dimensões necessária à cultura de subsistência para uma família de quatro pessoas, é variável de acordo com a região. O módulo fiscal (INCRA. 2003) é expresso em hectares, fixado para cada município ou região de conformidade com fatores, entre outros, das condições geográficas que limitem o uso permanente e racional da terra.

O tema dessa Lei voltará a ser abordado nos próximos capítulos, particularmente, sob o ponto de vista da geometria e da propagação do erro para densificação de um campo de pontos de referência para levantamentos de parcelas territoriais vinculadas ao SGB, bem como, sua precisão e exatidão exigidas na regulamentação desta Lei e ao atendimento do novo código civil com relação aos valores dimensionais medidos e/ou declarados como exatos.

- 2002 – Instituição do novo **Código Civil** – LEI Nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002, em substituição ao de 1916. No que diz respeito ao Direito das Coisas, dá redação as definições relativas às apropriações de bens imóveis: proprietário, usufrutuário, nu-proprietário, posseiro a justo título, posseiro por simples ocupação; exclui a apropriação pelo sistema Enfitêuta ou Foreiro estabelecido no código de 1916. Relativamente, a obrigatoriedade da mensura para legitimar as dimensões da unidade territorial, o novo código civil em seu artigo 500 (Título V - Das Várias Espécies de Contrato – Seção I – Disposições Gerais) manteve a mesma redação do artigo 1136 do Código de 1916 e acrescentou dois parágrafos que não contemplaram a qualidade da medição, precisão nem da necessidade de referenciamento. Portanto, com o novo Código, permanece em 1:20 ou 5% a qualidade da precisão das dimensões e extensões exigidas na legislação brasileira.

- 2002 – Instituída a regulamentação¹⁵ da Lei nº 10.267/2001, que torna obrigatório o uso da mensuração e do georreferenciamento do imóvel rural e designa o INCRA e a Secretaria da Receita Federal para efetuarem, conjuntamente, a respectiva normatização técnica e definir a precisão posicional dos limites das parcelas territoriais rurais para implementação e gerenciamento do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais – CNIR – definida, tecnicamente pelo INCRA através de portaria específica¹⁶. Designa o INCRA, a atribuir código único como identificador do imóvel rural no Certificado de Cadastro de Imóvel Rural – CCIR - que deverá ser mencionado nos atos notariais e registrais concernentes a transmissão à qualquer título. Institui o intercâmbio entre o INCRA e os Serviços de Registros de Imóveis; estes se obrigam a fornecer mensalmente ao INCRA as modificações ocorridas nas matrículas, decorrentes de mudanças de titularidade, parcelamento,

¹⁵ Decreto nº 4449 de 30 de Outubro de 2002

¹⁶ INCRA – Portaria nº 954 de 13 de novembro de 2002

desmembramento, loteamento, unificação de imóveis, retificação de área, reserva legal e particular do patrimônio natural, bem como outras limitações e restrições de caráter dominial e ambiental, para fins de atualização cadastral. E o INCRA por sua vez comunicará, mensalmente, por escrito, aos serviços de registros de imóveis os códigos dos imóveis rurais decorrentes de mudança de titularidade, parcelamento, desmembramento, loteamento e unificação, até o trigésimo dia subsequente à modificação ocorrida.

- 2002 - O INCRA definiu através de portaria¹⁷ específica o estabelecimento do indicador da precisão posicional a ser atingido na determinação das coordenadas dos vértices dos limites da área do imóvel rural, cujo valor tolerável é de 0,5m e os procedimentos estabelecidos conforme Normas Técnicas para Levantamentos Topográficos¹⁸ do INCRA.

- 2004 – Lei nº 10931-2004 para imóveis urbanos, facilita a retificação do registro, tornando possível a coincidência entre a realidade física do terreno com a realidade do domínio por via administrativa, para a primeira retificação.

- 2005 – Decreto nº 5570, dá nova redação a alguns dispositivos do Decreto 4449-2002 que, entre outros, altera os prazos da exigência do georreferenciamento (nos casos de desmembramento, parcelamento, remembramento) dos limites para identificação do imóvel rural e, flexibiliza, com critérios, alterações nos limites do imóvel por ato administrativo.

- 2006 - Edição da Medida Provisória nº 292 de 02-05 do Poder Executivo; simplifica regularização fundiária urbana. Objetiva agilizar o processo de regularização fundiária de interesse social a fim de facilitar a moradia à população de baixa renda. As alterações na legislação aplicadas ao Patrimônio da União darão margem a ações mais simples e com menor burocracia, além de incluir o aproveitamento de imóveis da União ociosos ou subutilizados em programas habitacionais. Dá competência ao Poder Executivo para executar ações de identificação, demarcação,

¹⁷ INCRA – Portaria nº 954 de 13 de novembro de 2002.

¹⁸ INCRA: Manual de Normas Técnicas para Levantamentos Topográficos, elaborado a partir da Portaria Ministerial 547 de 26/04/1988 através da Orientação de Sistematização da Superintendência Nacional do Desenvolvimento Agrário nº 014 - OS/INCRA/SD/Nº 014/01 -, de 28 de setembro de 2001.

cadastramento, registro, fiscalização, regularização das ocupações, como forma de promover de forma ordenada a utilização dos bens imóveis de domínio da União. A medida ainda amplia a competência da Secretaria do Patrimônio da União para regularizar as ocupações de assentamentos informais de baixa renda.

A determinação do governo de consolidar a destinação do Patrimônio da União como função sócio-ambiental, serão efetivados com o aproveitamento de dezenas de milhares de bens da União que se encontram vazios ou sub-ocupados.

Já, a regularização de assentamentos nos moldes previstos pela Medida Provisória irá garantir a titularidade da terra em áreas ocupadas por setores da população em áreas da União.

Entre outras, destacam-se as seguintes alterações:

- Além do aforamento, poderão ser aplicados em terrenos de marinha e acrescidos outros institutos jurídicos como Concessão de Direito Real de Uso e Concessão Especial de Uso para fins de moradia;
- Foi acrescentado item específico na legislação para beneficiar com regularização fundiária as populações de várzeas dos rios federais;
- Uso de imóveis vazios e subutilizados para habitação social, com alienação para venda direta aos beneficiários de programas habitacionais;
- Será simplificada a demarcação de terrenos para regularizações sociais com o registro em nome da União para posterior parcelamento do solo;
- Criadas a possibilidade de Devolução e Cancelamento unilateral do Ato de Entrega no caso de imóveis que não estão em uso por órgãos públicos;
- Foram instituídas duas novas hipóteses de extinção do aforamento: por abandono do imóvel ou mediante prévia indenização, por interesse público.
- Fica permitido ao Ministério das Cidades o repasse de recursos para Estados, Distrito Federal e Municípios para evitar paralisação de investimentos em habitação, enquanto se organizam para atender requisitos da Lei do Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social.

A análise do sistema cadastral e da legislação cadastral do Brasil apresentados, traduzem um diagnóstico da ocupação e gestão do território brasileiro nos mais amplos e longínquos aspectos de desenvolvimento e da cultura dos nossos

habitantes. Essa cultura e desenvolvimento vão desde as técnicas de mensuração e das confusas unidades métricas¹⁹, utilizadas na época. Segundo CARNEIRO (2002, p.71) passa pelo sistema de apropriação por concessão das sesmarias com caráter de perpetuidade, rezando com esse instituto a caracterização dos latifúndios obsoletos, sinônimo apenas de ostentação de poder, inclusive para os respectivos herdeiros, e, como consequência, as ocupações legais e ilegais ocorridas no decorrer dos tempos, sempre desordenadas e sem exigência da mensuração.

Sem critérios técnicos e legais específicos, as mensurações cadastrais tiveram impulso significativo, quando a legislação federal deu poderes às cidades a cobrarem e administrarem as receitas dos impostos arrecadados sobre as parcelas territoriais urbanas. Como o interesse maior das cidades era a cobrança do imposto sobre a propriedade, os respectivos cadastros eram efetuados sem critérios geométricos que garantissem a propriedade no sentido “istricto sensus”, o lote urbano físico/geométrico não tinha nenhuma segurança com relação ao limites legais declarados no registro de imóveis.

Pode ser observado também que, ainda na atualidade, conforme a mesma análise temporal, a obrigatoriedade de medir a parcela territorial com geometria singular sem sobreposição ou hiatos entre parcelas, só iniciou a partir de 2002, e apenas para as áreas rurais com a Lei 10.267/2001 e regulamentada pelo Decreto 4449/2002. Com relação às áreas urbanas, várias instituições, públicas e privadas, universidades e empresas, permanentemente pesquisam alternativas para que Brasil tenha seu sistema cadastral eficiente e ágil, com as mesmas considerações feitas para os sistemas cadastrais de países desenvolvidos, como nos moldes da FIG e do projeto “Cadastro 2014”, obviamente considerando a especificidade da cultura, desenvolvimento do povo e o que já existe feito.

2.3 – Situação da Infra-estrutura Geodésica – da sua Formação ao SGB-SIRGAS2000

¹⁹, braça, braça craveira (correspondente a 2,2 metros), Léguas brasileira (equivalente a 3.000 braças); Léguas de sesmaria (Antiga unidade de medida de superfície agrária, equivalente a um quadrado de 3.000 braças de lado, ou seja, 4.356ha.); Léguas marítima (Medida itinerária cujo valor diferia de nação para nação), entre outras (GALDINO, et. al. 2002); (FERREIRA, 2005).

Inicia-se este título apresentando-se uma análise sobre as ciências geodésicas e cartográficas no Brasil, desde os primórdios da sua formação até a atualidade com a definição do novo SGB-SIRGAS2000. Entendam-se como ciências geodésicas e cartográficas, as operações geodésicas, topográficas, fotogramétricas, de sensoriamento remoto, de cartografia, matemáticas e artísticas que objetivam representar fidedignamente a porção do território considerado. Consultando as fontes (BRASIL, 1916), (BRASIL, 1934), (BRASIL, 1946), (BRASIL, 1967), (BRASIL, 1988), (GHAGAS, 1966); (FILHO, 1978); (MELLO, 1986); (IBGE, 1956); (IBGE, 1992); (IBGE, 1999); (IBGE, 2000); (IBGE, 2002); (IBGE, 2003); (SOUZA, 1984); (CINTRA, 2002); (SILVA; CARNEIRO; BRAGA, 2002); (CINTRA, 2003); (ARCHELA, 2003); (SOUZA, 2004); (SUDENE, 1997); (SUDENE, 1996); (ABNT, 1990); (ABNT, 1994); (ABNT, 1998) (LIMA, 1991); (TELLES, 1984), entre outras, efetua-se o seguinte relato:

- 1798 – época do Brasil Colonial, foi elaborada a carta “**Nova Lusitânia**” por geógrafos portugueses, com o traçado de todo litoral brasileiro; efetuado o levantamento dos grandes rios. Desenvolvido seus trabalhos até o pacífico, dando forma ao continente Sul-Americano. Originais encontram-se no Centro de Operações Cartográficas no Rio de Janeiro (FILHO, 1978).

- 1825 - Criação da primeira organização oficial de cartografia no Brasil. Denominada de **Comissão do Império do Brasil**.

- 1831 - Foi instituída a definição das dimensões dos Terrenos de Marinha²⁰, como referência para os limites métricos referenciados nas legislações atuais, foi inspirado no Aviso de 18 de novembro de 1818: “[...] *que 15 braças da linha d’água do mar, e pela sua borda são conservadas para servidão pública; e tudo o que toca a água do mar e cresce sobre ela é da nação.*” A partir da Lei de 18 de novembro de 1831, e regulamentada através da instrução de 14 de novembro de 1832:

São terrenos de marinha todos os que banhados pelas águas do mar ou dos rios navegáveis vão até a distância de 15 braças craveiras (33 metros)

²⁰ Terrenos de Marinha – são parcelas territoriais pertencentes ao conjunto bens imóveis da União; são parcelas territoriais localizadas entre a linha da preamar média de 1831 e uma distância de 33m para o interior ao longo de toda costa marítima do Brasil e também aqueles situados nos rios e lagos até onde se faça sentir essa influência.

para a parte de terra, contadas desde o ponto a que chegar a preamar médio²¹.

Este ponto refere-se ao estado do lugar no tempo de execução da lei de 15 de novembro de 1831, art. 51, § 14. (Instruções de 14 de novembro de 1832, art. 4º).

- entre 1873 e 1877 foram criadas as comissões: A **Comissão da Carta Geral do Império** (1873-1874), executou a primeira triangulação geodésica do Brasil que, em 1920 foi utilizada pela campanha dos Austríacos no Brasil para levantamento da cidade do Rio de Janeiro, então, Capital do Brasil; a **Comissão Astronômica** (1875-1879) e a **Carta Itinerária** em 1877, esta, a primeira campanha executada por especialistas Austríacos contratados por Pedro II.

- 1886 – criada a **Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo** cuja chefia da área de geografia esteve incumbido ao engenheiro Teodoro Sampaio, e teve missão inicial de medir a primeira base topográfica de São Paulo. A ele se dá autoria da medição da primeira base no Brasil, seguida da primeira triangulação e do primeiro protótipo de mapeamento, resultando no mapeamento sistemático do estado de São Paulo, na escala de 1:100.000 (CINTRA, 2002); (CINTRA, 2003).

Observe a controversa histórica entre a Comissão da Carta Geral do Império e a Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo sobre a autoria da primeira triangulação brasileira.

- 1890 – Fundação do **Serviço Geográfico do Exército – SGE** -, criado pelo Decreto 415 de 31/05/1890 para desenvolver as atividades geodésicas e geográficas e fica subordinado ao Ministério da Guerra.

- 1896 - Criado o **Estado-Maior do Exército** através da Lei 403/1896 e conferia à sua terceira seção o preparo da Carta Geral da República. Em abril de 1900, apresentou o projeto “A Carta Geral do Brasil”. A 3ª Seção do Estado-Maior é considerada o berço da cartografia sistemática do Brasil.

²¹ Considera-se uma braça craveira a medida de 2,2 metros; preamar média de 1831- considera-se a média aritmética das máximas marés mensais (marés de sizígias) daquele ano (GALDINO, 2001).

- 1903 – Criação, através do aviso 801/1190, a Comissão da **Carta Geral do Brasil**, atribuições, entre outras, segundo CHAGAS (1966), a confecção de mapas topográficos; implantação do apoio básico - triangulação geodésica e nivelamento de alta precisão - foi instalada em Porto Alegre no RS, juntamente com seu observatório astronômico e teve como incumbência primeira, executar a triangulação do Rio Grande do Sul. Seguindo o modelo Francês (será visto mais adiante), teve por objetivo cobrir o estado por três cadeias de triângulos ao longo de meridianos e três cadeias ao longo dos paralelos; eqüidistantes de 2° longitude por 1,5° de latitude; foi adotada a projeção poliédrica, folhas de 30' por 30' na escala de 1:100.000; usou como marco zero de referência planimétrica para triangulação o marco implantado no Moro de Sant'Ana, nas vizinhanças de Porto Alegre, elipsóide de Referência Hayford -1909 e para registro da altimetria, o marégrafo de Torres como "Datum", de referência (ALMEIDA, NIEVINSKI e ROCHA, 2002). Nesse projeto foi medida a primeira grande base geodésica com equipamento de INVAR²², com um comprimento de 20.352,7609 m. Os Oficiais superiores lotados na Comissão da Carta Geral também executaram e publicaram resultados de atividades de pesquisas científicas tais como: em astronomia de campo – "Método de Zinger" - longitude por alturas iguais -; "Método de Sternek" - latitude por alturas iguais -; em geodésia: "Noções Sobre os Mínimos Quadrados e suas Aplicações na Geodésia"; "Medição de Base Com Fio de INVAR" ; "Tabela da Correção do Erro de Volta" entre outros de cunho científico que foram publicados e adotados nas Escolas de Engenharia Civil do Brasil.

- 1903 - Criado o **Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, com o objetivo de produzir a Carta Geológica do Brasil. Em 1933 foi transformado em Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e até os dias de hoje funciona com esse nome, mas, sem tradição em elaboração e execução em levantamento e mapeamento.

-1909 – participação do Brasil junto com representantes de diversos países para definição da elaboração da Carta Internacional do Mundo 1:1.000.000 no sistema policônico de projeção.

²² INVAR – liga metálica - aço, níquel e cromo – de baixo coeficiente de dilatação, utilizada na confecção de equipamentos métricos geodésicos (miras e basímetros) de precisão. Na atualidade, em substituição ao INVAR, são utilizados polímeros a base de fibra de carbono na confecção de miras para leitura com níveis à laser, entre outros equipamentos mais eficientes.

- 1913 – Criação do **Serviço Geográfico Militar - SGM**, na época, entusiasmados com os métodos estereofotogramétricos celebrou um convênio com a prefeitura do Distrito Federal, que autorizou a compra de dois aparelhos Zeiss estereoautógrafos e o convite ao engenheiro austríaco Emílio Wolf para direção dos trabalhos técnicos da Carta Cadastral do Distrito Federal. E, em 31 de julho de 1914 deu-se início aos trabalhos começando pela ilha do Governador.

- 1920 – chega ao Brasil a **Missão Cartográfica Austríaca**, chefiada pelo General Dr. Barão Arthur Von Hübl, ex-diretor da Real e Imperial Instituto Geográfico e Militar de Viena. De acordo com FILHO (1970), a Missão foi contratada pelo governo brasileiro para organizar o recém-criado Serviço Geográfico do Exército e, incumbir-se da criação da Escola de Engenheiros Geógrafos Militares, do levantamento da Carta Topográfica do então Distrito Federal, além de desenvolver atividades de engenharia cartográfica pertinentes a levantamentos topográficos à prancheta; métodos estereofotogramétricos de emprego de fotografias aéreas ou terrestres e impressão de cartas; a missão austríaca foi composta por 11 especialistas. Com a influência da missão austríaca o Serviço Geográfico Militar – SGM, foi reestruturado e organizado para efetuar diversas atividades, formando grupos técnicos de Geodésia, Topografia, Fotogrametria e Cartografia; oficinas de impressão ofsete, ótica e mecânica além de laboratórios de Fotografia e Fotolitografia. Cada grupo técnico foi assessorado por um consultor do grupo da missão austríaca. A primeira incumbência do SGM foi o levantamento da Carta Topográfica do Distrito Federal, atual cidade do Rio de Janeiro, elaborada na escala original de 1:50.000. A missão austríaca foi ainda incumbida dos estudos sobre o sistema de projeção cartográfica mais adequada para o território. Concluiu com a adoção do sistema de projeção Gauss-Kruger em fusos de 6°. Oficialmente a missão austríaca terminou seus trabalhos com a implantação operante do SGM e em 24 de junho de 1924 o Gen. Dr. Barão Arthur Von Hübl regressou à Áustria. No entanto, muitos dos seus colaboradores permaneceram no Brasil e continuaram prestando relevantes serviços à cartografia nacional.

- 1922 – É caracterizado pela edição da **Carta do Brasil ao Milionésimo**, editada pelo Clube de Engenharia, em comemoração ao centenário da Independência.

Conforme MELLO (1986) "a documentação apresentava imperfeições acentuadas, fruto do processo de compilação calcado em documentos das mais diferentes origens e qualidade duvidosa. Era o que se podia fazer então".

- 1928 - criação da Primeira **Comissão Brasileira Demarcadora de Limites de Fronteiras**.

- 1930 – Criada a **Escola de Engenheiros Geógrafos Militares**²³. Subordinada ao SGM, posteriormente denominada de Curso de Geodésia e Topografia do IME e atualmente de Engenharia Cartográfica do mesmo Instituto Militar de Engenharia. No entanto, nos relatos sobre a Missão Austríaca no Brasil²⁴, observa-se que antes da oficialização da criação da Escola já em 1928 foram ministradas algumas disciplinas pelos austríacos no Curso de Engenheiros Geógrafos.

- 1932 – é criado o **Serviço Geográfico do Exército – SGE**²⁵ a partir da fusão da Comissão da Carta Geral - operante, predominantemente, na região Sul do Brasil – e do Serviço Geográfico Militar – SGM, com operacionalização também regional. Esse novo Órgão com personalidade para atender todo território nacional, foi composto de: Diretoria; quatro Divisões Técnicas – geodésia, topografia, fotogrametria e cartografia -; Divisão administrativa e duas divisões de Levantamentos – a 1ª Divisão de Levantamento em Porto Alegre e a 2ª no Rio de Janeiro).

- 1934 – Criado o **Instituto Nacional de Estatística** através do Decreto 24.609/34, com vistas ao recenseamento de 1940, foi o embrião motivador para fusão das atividades estatísticas e cartográficas, a partir do reconhecimento da necessidade de uma documentação cartográfica adequada, para sucesso dos levantamentos estatísticos, o que viria a acontecer dois anos depois.

- 1935 – É apresentado o **Plano Cartográfico Náutico** pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.

²³ Criada através do Decreto nº 19299 de 05 de julho de 1930

²⁴ Moysés Castelo Branco Filho, General em " a Missão Austríaca no Brasil e o Serviço Geográfico do Exército: 1920-1970

²⁵ Criada através do Decreto 21.883/1932

- 1935 – o meridiano de Greenwich passou a ser a referência para longitudes geodésicas e astronômicas.
- 1935 O SGE – adquiriu novos equipamentos (aerotrianguladores Zeiss).
- 1936 – Deu-se a renovação das técnicas de levantamento até então, em uso no SGE e foram levantadas folhas na escala de 1:50.000 por método exclusivamente fotogramétrico.
- 1936 – Instalação do **Instituto Nacional de Estatística e Cartografia**.
- 1937 – Instituído o **Conselho Brasileiro de Geografia** através do DL 1527 de 24/03/1937.
- 1938 - Ao **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE** incorporaram-se os órgãos Instituto Nacional de Estatística e o Conselho Brasileiro de Geografia através do Decreto 237/1938. Como primeira atividade geodésica de campo, o IBGE executou a campanha de observações astronômicas denominada de “Determinação das Coordenadas das Cidades e Vilas” para determinação das coordenadas geográficas das vilas e cidades do Brasil, com vistas ao próximo recenseamento de 1940.
- 1938 – Através de decreto²⁶, dispôs sobre a divisão territorial do país; sistematizou e definiu as categorias da **Divisão Administrativa** de âmbito nacional; definiu que os limites interdistritais e intermunicipais seriam definidos por linhas geodésicas entre pontos bem identificados²⁷ com a obrigatoriedade dos municípios apresentarem os mapas dos seus territórios. Apesar de sistematização por linhas geodésicas dos limites políticos, com relação às cidades²⁸, considerado estas, como aglomerados urbanos, permitia a sua representação ser efetuada de modo rudimentar. Assim, a legislação oferecia interpretação com exceções e com deferência especial para os aglomerados urbanos que não contribuía positivamente para um ordenamento territorial metricamente uniforme.

²⁶ Decreto-Lei 311 de 02 de março de 1938

²⁷ Mesmo Decreto - art. 8º

²⁸ Mesmo Decreto o artigo 13 §1º

- 1939 – Extinção da 2ª Divisão de Levantamentos – 2ª DL – por meio do Aviso de 31 de maio de 1939 e sete anos após foi reorganizada e instalada em Ponta Grossa no Paraná.
- 1939 – Instalação da **Comissão da Carta do Rio de Janeiro** constituída de uma comissão técnica para uniformização da Cartografia Brasileira;
- 1941 – O IBGE passa a executar sistematicamente trabalhos cartográficos, principalmente de triangulação geodésica, de nivelamento de alta precisão e de cartografia de compilação; posteriormente, procedeu também com a elaboração de mapas topográficos (CHAGAS, 1966).
- 1941 – Com a 2ª guerra mundial, o SGE procedeu aos levantamentos do litoral do Nordeste, de Pernambuco ao Ceará, incluindo a Ilha de Fernando de Noronha. Para essa missão foi organizado um **Destacamento Especial** e foram contingenciados em torno de 30 oficiais engenheiros geógrafos, seis 1ºs Tenentes da Reserva, engenheiros civis com curso complementar nas escolas do Exército além, de sargentos topógrafos e recursos necessários à missão.
- 1944 – **IBGE**, Através do decreto Lei 6826/44 foi criado o **Serviço de Geografia e Cartografia**, como órgão central do Conselho Nacional de Geografia, sendo-lhe atribuída a execução dos trabalhos geográficos, cartográficos e fotogramétricos e em maio do mesmo ano o IBGE iniciou o estabelecimento do **Sistema Geodésico Brasileiro - SGB**, orientado para o enfoque sistêmico. Sob esse novo prisma, em abril de 1944 iniciou as atividades com a medição da base geodésica de Goiânia com 10.034,0557m de extensão e no mês seguinte, iniciaram-se as medições angulares de triangulação. Pouco tempo depois, as atividades foram suspensas para atender ao DNPM que solicitou os serviços do IBGE para região carbonífera de Santa Catarina e, em 30 novembro de 1944 a equipe de campo do IBGE chegou a Criciúma – SC. Nesse levantamento de Santa Catarina, para atender a região carbonífera, foram fixados 68 vértices de triangulação; 15 acidentes marítimos significativos (faróis, ilhas, istmos, portos, etc.); a base geodésica de Criciúma – serviu de partida para Cadeia de Triangulação da região Carbonífera e de base de

partida para Cadeia de Triangulação do SGB, meridiano 49 WG -; a Cadeia se desenvolveu no sentido sul até o Promontório de Torres na divisa com o Rio Grande do Sul e no sentido norte, após 1949 km, em 23 de julho 1949, chega ao vértice que dera partida em 1944 em Goiás. Esta foi a primeira rede de Triangulação de primeira ordem executada pelo IBGE e a primeira experiência do órgão com implantação de pontos de Laplace, determinações astronômicas e de azimute de 1ª ordem.

- 1944 – Elipsóide de Hayford – 1929 e o Datum Córrego Alegre – MG é adotado como referência planimétrica do SGB.

- 1945 – **Rede Altimétrica Fundamental Brasileira** criada pelo IBGE através do - CNG - Conselho Nacional de Geografia - Coordenação de Cartografia / Seção de Nivelamento – DC/SNi em 13 outubro de 1945 começaram as atividades de nivelamento geométrico de precisão, ponto inicial da rede altimétrica que integra o Sistema Geodésico Brasileiro.

- 1945 – Término da Missão de Guerra do SGE, em 31 de janeiro 1945 com a extinção do Destacamento Especial do Nordeste.

- 1946 – IBGE - iniciaram-se as atividades cartográficas de mapeamento em escala topográfica de 1:250.000, no vale do São Francisco, BA.

- 1946 – Instalação, através de Decreto de 06 de julho, da nova **2ª Divisão de Levantamento - 2ªDL** em Ponta Grossa – PR, havia sido extinta do Rio de Janeiro em 1939. Em fevereiro de 1947 teve sua autonomia administrativa.

- 1946 – Decreto Lei 9210/46 – **Estabelece Normas Para a Uniformização da Cartografia Brasileira** - disciplina e normatiza a atuação dos órgãos Federais nos campos da geodésia e da cartografia nacionais. Ao IBGE coube as atribuições normativas para documentos em escalas menores que 1:250.000 e o estabelecimento do **Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)**.

- 1948 – editado o nº 1 do Anuário da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército que aproveitou suas instalações e gráficas para editar manuais normativos das

Divisões Técnicas: Normas Gerais, Medição de Base, Medições de Ângulos, Nivelamento Geométrico, Marcas e Pilares, Astronomia, Convenções Cartográficas e Cálculos Geodésicos, entre outros.

- 1948 – O IBGE, através do Conselho Nacional de Geografia dá início às atividades de fotogrametria.

-1951 – Criação do **Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq** – através do Decreto Lei 1310/51.

- 1953– Criada a **Diretoria do Serviço Geográfico do Exército - DSG** – em Substituição ao Serviço Geográfico do Exército – SGE, através da portaria 58/53 para atender a nova estrutura organizacional do Exército.

- 1956 – A DSG passa a adotar o sistema UTM.

- 1958 - Fundação da **Sociedade Brasileira de Cartografia – SBC**.

- 1958 - Criação da **Comissão Especial de Levantamento do Nordeste – CELNE** - com sede em Olinda – PE, que viria ser substituída dez anos depois pela 3ª Divisão de Levantamento – 3ª DL.

- 1958 – **Datum Altimétrico Brasileiro** passa a ser referido ao Marégrafo de Imbituba – SC. Na época, contava com nove anos de observações ininterruptas e registrou-se uma diferença da ordem de 6 cm em relação ao marégrafo de Torres instalado pela Comissão da Carta Geral em 1919, com apenas um ano de observações ininterruptas. Entre 1945 a 1951 houve uma progressão surpreendente na execução de nivelamento geométrico que até então era desenvolvido no sentido norte (1945 – 185 km; 1946 – 883 km ; 1947 – 1.022 km; 1948 -1.826 km; 1949 – 3.310 km; 1950 – 3.366 km; 1951 = 4002 km). Em 1952 a Rede de Nivelamento derivou para oeste e, em janeiro de 1953 atingiu a cidade de Corumbá e conectou-se com a rede de nivelamento do Serviço Geodésico Inter Americano que partira do Chile; na oportunidade, foi constatada a discrepância de 16 cm entre os oceanos Pacífico e Atlântico, tendo este, o nível mais alto.

- 1959 - IBGE – Criadas as **Divisão de Cartografia** e **Divisão de Geodésia e Topografia**, através do desdobramento Divisão de Cartografia do Conselho Nacional de Geografia.

- 1959 – **SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste** criada através dos dispositivos do Decreto Lei 3.962 de 15 de dezembro de 1959; na sua estrutura organizacional incluía uma Divisão de Cartografia. No 1º Plano Diretor de Desenvolvimento Econômico e Social do Nordeste (1961-1963) se definiu a criação de uma **Divisão de Cartografia**, com várias atribuições, dentre outras:

- a) promover e coordenar as atividades de levantamentos aerofotogramétricos. Topográficos e planimétricos na Região Nordeste, em apoio aos planos de desenvolvimento regional;*
- b) indicar as prioridades para aplicação de recursos em cartografia na região Nordeste;*
- c) preparar e manter atualizado o programa de cartografia do Nordeste;*
- ...*
- ...*
- m) atuar junto aos órgãos de cartografia do Nordeste de forma a integrá-los nos programas que a SUDENE considerar prioritário, proporcionando meios para uma melhor utilização dos recursos financeiros, materiais e humanos disponíveis.*

No Plano I não chegou a haver um programa cartográfico com metas definidas a não ser a estruturação da própria Divisão de Cartografia, com formação da equipe de engenheiros, técnicos e aquisição de equipamentos. A estrutura destinou-se à execução de levantamentos topográficos pela própria equipe e ao acompanhamento e fiscalização dos serviços fotogramétricos e mapeamento, que seriam contratados por empresas privadas e em convênios com a DSG - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, através da 3ª DL Divisão de Levantamento; e com o 2º/6º GAV Grupamento de Aviação da Força Aérea Brasileira - FAB; ambos em Recife - PE (SILVA, 2002).

Os trabalhos da Divisão de Cartografia incluíam a contratação e fiscalização de execução de vôos fotogramétricos, restituições, execução de levantamentos topográficos, apoio ao mapeamento geológico e hidrológico, confecção de mapas de pequena escala para atividades de planejamento urbano e regional.

Os planos subseqüentes II, III e IV observaram e seguiram as linhas gerais da política cartográfica da SUDENE:

II Plano Diretor 1963-1965 (SUDENE, 1966a) foi realizado o recobrimento aerofotogramétrico de cerca de 197.000 km². Nessa época, também foram executados trabalhos de apoio para outros setores da SUDENE, incluindo, levantamentos topográficos, batimétricos, cadastro de dezenas de cidades de porte médio, incluindo algumas capitais (nas escalas: 1: 2.000, 1:5.000 e 1:10.000), cadastro de poços tubulares com amarrações à rede de referência do SGB e restituições aerofotogramétricas.

III Plano Diretor 1966-1967 (SUDENE, 1966b) foi possível dar início ao programa de mapeamento sistemático das cartas topográficas na escala 1:100.000, e foi dada continuidade ao recobrimento aerofotogramétrico na escala 1:70.000 e ao final obtidos os seguintes produtos:

- Recobrimento fotogramétrico 1:70.000 recobrindo 390.000 km²
- Cartas topográficas 1:100.000 recobrindo 320.000 km²
- Mapeamento Geológico em 1:250.000
- Inventário dos Levantamentos de Recursos Naturais do Nordeste em 1:5.000.000.

O IV Plano Diretor, (1969/1973) e até meados 1976 a SUDENE continuou com as atividades de execução do mapeamento sistemático, execução do inventário hidrogeológico e vários mapas geológicos (SUDENE, 1994). Nesse período, algumas folhas do mapeamento sistemático foram executadas diretamente pelo DSG e IBGE sem a participação da SUDENE. A partir de 1977 até 1996 as atividades se resumiram a reimprimir cartas que se esgotaram e a atualizar umas poucas (Silva, 2002).

Como últimos trabalhos de mapeamento, em 1998 executou as folhas Rio Largo, Palmares, Surubim, Campina Grande e Solânea na escala de 1:100.000, utilizando imagens estereoscópicas de Radar – satélite canadense RADARSAT-1 lançado 1997 –, processo alternativo que segundo SILVA (2001) usado pela primeira vez no Brasil e possivelmente, também no mundo, imagens estereoscópicas de radar para restituição e geração de cartas topográficas na escala 1:100.000. Essa técnica e tecnologia alternativas decorreram em virtude da permanente nebulosidade na região, inviabilizando economicamente vôos fotogramétricos convencionais (SILVA, 2002).

-1960 – Os primeiros anos desta década são assinalados com a modernização da Geodésia e da Cartografia do IBGE, estrutura-se e consolida-se a linha de instrumentos fotogramétricos e inicia-se a produção de cartas em escalas de 1:100.000 e 1:50.000.

- 1961- Estado-Maior das Forças Armadas – EMFA , cria Grupo de Trabalho para estabelecer as Bases e Diretrizes de uma Política de Coordenação e Planejamento Cartográfico Brasileiro. Nos seus estudos o GT concluiu pela apresentação de um projeto para criação do Conselho Nacional de Cartografia. Em 1962 (CHAGAS, 1986) o projeto foi enviado ao Congresso, posteriormente, retirado de pauta irregularmente; em 1965 volta ao Congresso outra vez e em 1966 foi instituído, bastante modificado e controverso ao Projeto original, a Comissão de Cartografia – COCAR, vinculada a estrutura do IBGE.

- 1962 - Firmado Acordo Cartográfico entre Brasil e os Estados Unidos. Através desse convênio disponibiliza-se ao IBGE um grande acervo de fotografias aéreas na escala de 1:60.000 pela “*United States Air Force – USAF*”, foi a grande motivação para o IBGE investir na produção de cartas nas escalas 1:100.000 e 1:50.000.

- 1962 – criação da **Comissão Nacional de Atividades Espaciais – CNAE**, órgão vinculado ao CNPq, em São José dos Campos - SP.”Nascia ali o futuro do sensoriamento remoto, presente na cartografia brasileira”.

- 1964 – IBGE – estrutura-se e consolida-se na linha de equipamentos fotogramétricos e amplia suas unidades de levantamentos geodésicos para assistir ao apoio de campo das operações fotogramétricas.

- 1964 – **Missão Cartográfica Alemã (MCA)**, fez parte do Acordo de Cooperação Técnica entre Brasil e a República Federal da Alemanha, firmado com o objetivo de promover pesquisas geológicas, hidrológicas e cartográficas. Incluía ainda o fornecimento de equipamentos e treinamento técnico. Pelo acordo, a Missão forneceu à SUDENE equipamentos em valores da época de DM 3.050.000,00 (três milhões e cinqüenta mil marcos alemães). Os equipamentos doados foram

fundamentais para consolidar uma estrutura cartográfica no Nordeste. A distribuição dos equipamentos foi a seguinte:

- à SUDENE - equipamentos de geodésia, incluindo telurômetros, barômetros e restituidores PLANIMAT;
- à 3ª Divisão de Levantamento do Exército - 3ª DL - equipamentos de geodésia, 12 restituidores B-8; ortoprojetores tipo Planimat SG1, SG2 e SG3 entre outros;
- ao 2º/6º GAV Grupamento de Aviação da Força Aérea Brasileira – FAB - câmara aerofotogramétrica e laboratório fotográfico completo.

- 1965 – Criação do Curso de Engenharia Cartográfica da Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

- 1967 - Criada a **Comissão de Cartografia – COCAR**, incluída no bojo da organização do IBGE, através do Decreto Lei nº 243 de fevereiro de 1967, com a incumbência de coordenar a execução da Política Cartográfica Nacional; esse mesmo Decreto fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira. Nele estão definidas as responsabilidades dos diferentes órgãos cartográficos nacionais, públicos e privados, em relação ao mapeamento sistemático nas escalas-padrão de 1:25.000 a 1:1.000.000, cabendo à DSG a elaboração das Normas Técnicas das cartas gerais de 1:250.000 e maiores. Na sua estruturação a COCAR permite que todos os ministérios envolvidos com serviços cartográficos sejam representados, além de segmentos da iniciativa privada através da Associação Nacional das Empresas de Aerolevantamentos.

- 1967 - Criação da **Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM**.

- 1968 – Criada a **3ª Divisão de Levantamento – 3ª DL**, provinda da Comissão Especial de Levantamento do Nordeste (CELNE), já atuante na área desde julho de 1958. Foi instalada em sede própria no município de Olinda – PE e iniciou as novas atividades com seis restituidores WILD tipo B-8; três Planimat Zeiss D, dois deles com coordenatôgrafos; dois Aerotrianguladores Planimat Zeiss D com registradores ECOMAT e perfuradoras de fita IBM; Ortoprojetores Planimat SG1, LG1 e GZ1. Equipamento adquirido através do convênio de Cooperação técnica entre o Brasil e

a Alemanha e, que conferiu a 3ª DL às dimensões de um dos maiores centros de operações cartográficas do Brasil.

- 1968 – **Comissão Nacional de Atividades Espaciais - CNAE** futuro Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – **INPE**, iniciando atividades cartográficas com utilização de Sensoriamento Remoto.

- 1969 - IBGE – Cria o **Departamento de Cartografia – DECART**.

- 1970 – Criado o **Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA** – órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, através do Decreto-Lei nº 1.110/70. Instituído para, entre outras atividades, preceder a gestão territorial no que diz respeito ao cadastramento, parcelamento da terra, colonização de áreas rurais para fins agropecuários e aos assentamentos rurais de baixa densidade demográfica.

- 1970 – O **Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CONFEA**, fixou as atribuições profissionais do Engenheiro Cartógrafo, através da Resolução 197 de 16/10/1970.

- 1971 – Criação do **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE**, por transformação da Comissão Nacional de Atividades Espaciais – CNAE; implantação de laboratório especializado em Cachoeira Paulista – SP; iniciado estudo para atualização dos dados de sensores colocados em plataformas espaciais americanas; implantado curso de Pós-Graduação.

- 1971 – Início do curso de pós-graduação – Mestrado - em **Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná**, Curitiba – PR.

- 1971 – Início do curso de graduação em **Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco** – Recife - PE.

- 1972 – instituiu-se para 06 de maio o **Dia do Cartógrafo**. Adotado pela Sociedade Brasileira de Cartografia.

- 1972 – Criação do **Centro de Operações Cartográfica – COC**, do Exército, no Rio de Janeiro, através do Decreto 70.725 de 19/07/1972.

- 1972 – Projeto **Radar da Amazônia – RADAM**, utilização pioneira de sensores aerotransportados radargramétricos para levantamentos na Amazônia.

- 1973 – a **Diretoria do Serviço Geográfico - DSG** do Exército foi instalada em Brasília em 22/01/1973; sendo transferida do Rio de Janeiro através da Portaria Ministerial 1.098 de 25/10/1972..

- 1973 - IBGE – A instituição passa para regime de Fundação “**Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**”, através da Lei nº 5878 de 11/05/1973 e a geodésia e a cartografia ganham novas dimensões. No art 2º fica garantida a real dimensão dessas áreas nos objetivos da nova Fundação:

“Constitui objetivos básicos do IBGE assegurar a produção e análise de informações estatísticas, geográficas, cartográficas, geodésicas, demográficas, sócio-econômicas, de recursos naturais e de condições do meio ambiente, inclusive poluição, necessários ao conhecimento da realidade física, econômica e social do País, em seus aspectos considerados essenciais ao planejamento econômico e social e à segurança nacional”.

- 1974 – O Decreto Lei nº 74.084 de 20/05/1974 explicita a atuação da **Fundação IBGE** nas áreas de Geodésia e Cartografia. Constam no item IV – ATIVIDADES CARTOGRÁFICAS do anexo ao Decreto. 1 – Levantamentos Geodésicos (1.1 – Triangulação Geodésica de 1ª Ordem; 1.2 – Poligonais de Precisão de 1ª ordem; 1.3 – Estações estabelecidas para rastreamento de satélites artificiais; 1.4 – Triangulação ou Poligonação Secundária; 1.5 Redes de Nivelamento de Precisão de 1ª ordem e 1.6 – Redes Secundárias de Nivelamento). 2 – Trabalhos Cartográficos (2.1 – mapeamento com Escala Topográfica -1:50. 000; 1:100.000 e 1:250.000 -; 2.2 – Mapas e Cartas em Escalas Geográficas Gerais e Especiais; 2.3 – Mapas do Brasil em diferentes Escalas – 1:5.000.000; 1:2.500.000 e outras -; 2.4 – Mapas Temáticos e 2.5 – Mapeamento com base no Sensoriamento Remoto). Com as atribuições legalmente estabelecidas o IBGE se empenha em atender a demanda nacional, nos limites das suas possibilidades, e passa produzir Cartas Gerais, Cartas

Especiais, Cartas Temáticas além de outras formas de representação como Mosaicos, Ortofotocartas e Atlas entre outras. Leitura complementar pode ser visto em (Mello, 1986).

- 1975 – a **Comissão de Cartografia – COCAR**, passa a ser subordinada à Secretaria de Planejamento da Presidência da República, através Decreto 76.086 de 06/08/1975. Pela importância da sua missão, passa a ser considerada o principal órgão da cartografia nacional. A sua composição gestora é reformulada e fica constituída por representantes do Estado-Maior das Forças Armadas, dos Ministérios Militares, dos Ministérios da Agricultura, das Minas e Energia e do Ministério do Exterior, da Associação Nacional das Empresas de Aerofotogrametria e da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; sendo que cada instituição ficou representada por um delegado, tendo como Presidente o Secretário-Geral da Secretaria de Planejamento.

- 1975 – implantação projeto **RADAMBRASIL**, constituído da ampliação do Projeto RADAM para todo o Brasil.

- 1975 - **Mapeamento Integrado dos Recursos Naturais do Território Brasileiro**, através do Decreto 76.040 de 29/07/1975 foi fixado prazo para conclusão da execução do mapeamento pela Comissão Executora do Projeto RADAMBRASIL.

- 1976 - Reinstalado o **1º Museu Cartográfico do Exército** na 1ª DL em Porto Alegre – RS.

- 1977 – Instalado o **2º Museu Cartográfico do Exército** no Centro de Operações Cartográficas – COC, Rio de Janeiro em 21/09/1978.

-1978 - Criada a **4ª Divisão de Levantamento – 4ª DL**, do Exército com sede em Manaus – AM, através do Decreto nº 81.896 de 08/07/1978.

- 1978 – a **Comissão de Cartografia - COCAR** - tem aprovado pelo Governo Federal o Plano que visa acelerar as atividades das organizações cartográficas nacionais: públicas e privadas, responsáveis pela execução da Cartografia

sistemática de forma a concluir o mapeamento do Brasil, em escalas de 1:100.000 e 1:250.000, até 1985.

- 1979 – Foi adotado oficialmente o **Datum Sul Americano – SAD-69**²⁹ – como sistema de referência para trabalhos geodésicos e cartográficos em território brasileiro e, como origem de orientação topocêntrica, foi adotado o vértice de triangulação do SGB, Chuá em Minas Gerais (IBGE, 1999); (IBGE, 2000).

- 1979 – Organização do **Programa de Dinamização da Cartografia – PDC** que, como objetivo intensificou as atividades cartográficas de mapeamento sistemático em escalas topográficas de vastas regiões da Amazônia Legal e o complemento das folhas das cartas de 1:50.000 e 1:100.000 das regiões centro-sul e nordeste.

- 1980 – Prorrogação do prazo para **Mapeamento Integrado dos Recursos Naturais do Território Brasileiro**, pela comissão Executora do Projeto RADAM BRASIL através do Decreto nº 84.596 de 26/03/1980. Estava programado seu término para 1975.

- 1984 – São estabelecidas normas técnicas reguladoras para cartografia nacional³⁰ e a vincula ao SGB; define normas e procedimentos de padronização, permitindo a avaliação de cartas com padrão de qualidade internacional; estabelece classes de cartas relativamente ao Padrão de Exatidão Cartográfica; cria normas para ampliação e elementos obrigatórios.

- 1985 – Extinção do **Projeto RADAM BRASIL**.

- 1985 – **Comissão de Cartografia – COCAR** é transferida para o recém criado Ministério da Ciência e Tecnologia na condição de órgão autônomo.

- 1988 – **IBGE** - início da utilização de técnicas de posicionamento espacial por satélites artificiais do sistema GPS (Global Positioning System) (IBGE, 1992).

²⁹ O **SAD-69** está definido e representado por uma superfície elipsóidica, recomendada pela Associação Internacional de Geodésia – IAG – denominada “Geodetic Reference System 1967 – GRS67”, cujos parâmetros serão vistos posteriormente.

³⁰ Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984

- 1989 – Estabelecimento dos parâmetros de transformação entre o **WGS-84** e o **SAD-69**, através da Resolução da Presidência da República nº 23 de 21/02/1989, a serem utilizados em todo território nacional (IBGE, 1999).
- 1991 – Início da implantação **Rede Nacional GPS** com a aplicação sistemática da tecnologia satelital do sistema GPS nos levantamentos geodésicos (IBGE, 1999).
- 1993 – Instalação, com a participação do Brasil, do Projeto **Sistema de Referência Geocêntrico para América do Sul – SIRGAS**, (IBGE, 2002) criado na Conferência Internacional para definição de um referencial geocêntrico para América do Sul, em outubro de 1993, em Assunção – Paraguai, a convite da Associação Internacional de Geodésia - IAG -; do Instituto Pan-Americano de Geografia e História - IPGH - e da National Imagery and Mapping Agency – NIMA -, posteriormente denominado **Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas** e manteve a sigla. Será visto mais detalhadamente nos próximos capítulos.
- 1994 – Instituída a primeira norma técnica para execução de levantamentos topográficos – **NBR 13.133 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)** – estabeleceu metodologias de levantamentos, classificação hierárquica e recomendação com respeito técnica, tecnologias e à precisão dos levantamentos topográficos.
- 1995 – Início da operacionalização da Rede Ativa³¹ do SGB - **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC** em 13/05/93, com a estação Fortaleza - CE, a segunda em 03/03/95, Brasília – DF, ambas, pertencentes ao “International GPS Service –IGS” e até outubro de 2003 contava 15 estações em operação de monitoramento contínuo. Este tema será abordado nos próximos capítulos.
- 1998 - Outro grande avanço foi dado para a organização do território, trata-se da aprovação da **Norma NBR 14.166 (ABNT 1998)**, que trata dos procedimentos para implantação de uma **Rede de Referência Cadastral Municipal - RRCM**, servindo de apoio geodésico e topográfico a todos os levantamentos para qualquer finalidade

³¹ Rede de referência geodésica ocupadas e operacionalizadas permanentemente por rastreadores de satélites geodésicos – duas frequências - constituindo uma malha com densidade da ordem de 700 km entre estações do sistema GPS, e administrada pelo IBGE.

no âmbito municipal. Trata-se de uma norma que recomenda toda RRCM ser referenciada ao Sistema Geodésico Brasileiro (ABNT, 1998), (ROMÃO, SILVA e SILVA. 2002).

- 1999 Operacionalização de **Rede INCRA de Bases Comunitárias - RIBaC** de observações do sistema GPS de monitoramento contínuo. Iniciou suas atividades em 20 de outubro de 1999³² com a instalação da sua 1ª antena na sede do INCRA em Natal, depois transferida para Mossoró – RN. A RIBaC, atualmente é constituída de conjunto de 44 estações de referência, implantadas em diversos pontos do território brasileiro e tem o propósito de auxiliar a execução dos serviços de agrimensura desenvolvidos, direta ou indiretamente, pelo INCRA. As estações estão localizadas em unidades próprias do INCRA e, através de acordos, em Universidades Federais ou Estaduais e, em sedes de Órgãos e Empresas Públicas e Privadas. Permite efetuar correção diferencial das observações coletadas pelos receptores de sinais do GPS, em qualquer dia, a qualquer hora, em diversos lugares do Brasil. A rede é constituída por receptores de frequência única (L1)³³

- 2001 – Extinção da **SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste** – MP 2.145 de 02 de maio de 2001.

- 2001 – Instituído o Estatuto da Cidade, com o estabelecimento de normas para política de desenvolvimento urbano, observando o caráter social da cidade e da propriedade, instituiu também o usucapião urbano que possibilita regularização de áreas ocupadas por loteamentos clandestinos e favelas entre outras, Lei 10257/200³⁴. Será visto com detalhes mais adiante.

- 2001 – Instituído no Brasil a obrigatoriedade das medições geodésicas e do georreferenciamento ao SGB das parcelas territoriais relativas aos imóveis rurais, e determina também, por ato normativo, a exigência de precisão posicional dos

³² Informações de: Estações Ribac <ribac@incra.gov.br>, Katija Barbosa em 04/05/2005.

³³ sua utilização, para correção de observações oriundas da fase da onda portadora, deve ser feita considerando-se a distância máxima de linha de base recomendada pelo fabricante do aparelho receptor (em média 30 km). Para a correção de observações obtidas pelo código C/A recomenda-se a utilização de dados de estações de referência que estejam à uma distância inferior a 300 km do usuário. Os dados da RIBaC podem ser acessados de três maneiras distintas:

- Rede Interna do INCRA (INCRA NET);
- Linha Discada, através de um servidor RAS, utilizando um número telefônico 0800;
- Internet.

³⁴ Lei 10.257 de 10/07/2001 – regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988.

respectivos pontos delimitantes; obriga a inserção das respectivas coordenadas no ato do registro da propriedade 10267/2001³⁵.

- 2002 – é definido, através da portaria nº954/2002 do INCRA, a precisão posicional para as coordenadas dos vértices dos limites das áreas rurais.

- 2005 – Instituído o novo Sistema Geodésico Brasileiro SGB o **Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas – SIRGAS** através do Decreto Nº 5334/2005 de 06/01/2005. Foi assinada pelo Presidente do IBGE a Resolução Nº 1/2005 em 25/02/2005. Estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas (SIRGAS)³⁶ em sua realização do ano de 2000 (**SIRGAS2000**), como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). A resolução também estabelece um período de transição a partir da respectiva assinatura. Não deve ser superior a dez anos onde o SIRGAS2000 pode ser utilizado concomitante com o SAD 69 para o SGB e com o SAD 69 e Córrego Alegre para o SCN.”

O texto supra, retrata cronologicamente as principais iniciativas geodésicas e cartográficas ocorridas no Brasil desde a sua colonização, identifica a evolução e a diversidade de métodos, técnicas e a precariedade das primeiras missões cartográficas; retrata também a priorização política do mapeamento das regiões sudeste e sul, ocorridas pelo seus desenvolvimentos econômicos e pela proteção das suas fronteiras. Observa-se que, além do Serviço Geográfico do Exército e após as instalações do SGB e SCN, houve um grande impulso das ciências cartográficas e geodésicas no contexto nacional. Conforme contextualização de FREITAS (2005) a evolução da base cartográfica do Brasil está estreitamente ligada com a evolução do sistema geodésico do brasileiro de caráter sistemático. Complementando, pode-se inserir no atual contexto que o desenvolvimento tecnológico e as novas técnicas de captura das informações relativas às características geométricas e da representação da superfície da terra contribuem sobremaneira para cartografia nacional. Sabe-se, no entanto, que muita coisa tem para ser feita ainda. O Brasil é

³⁵ Será visto com mais detalhes no item “Cronologia histórica e da legislação do sistema cadastral – urbano e rural – do Brasil”.

³⁶ Serão apresentados detalhes do projeto SIRGAS e es novo SGB-SIRGAS2000 durante o desenvolvimento desta tese.

um país com 8.500.000 km², e com as novas tecnologias, aliadas às instituições, públicas e privadas certamente concluirão e manterão atualizados a cartografia sistemática e o sistema geodésico do Brasil, agora com o SIRGAS2000 e com a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, idealmente mais densa, são consideradas componentes imprescindíveis a implantação de um sistema geodésico e cadastral ideal e necessário para o Brasil. Observa-se ainda que a mudança e a adequação da legislação no que diz respeito ao sistema de cadastro territorial urbano e rural também são necessárias e imprescindíveis à gestão e à garantia da propriedade sobre o território.

Pelas dimensões continentais do país, a vertente incumbida das medições das terras, não se preocupou com a sistematicidade, iniciaram-se nas regiões sul e nas mais habitadas e também nas áreas fronteiras, para resguardar os limites da nação. Numa análise temporal sobre as ciências geodésicas e cartográficas, observa-se que a preocupação com as mensurações de caráter cadastral foi bastante tênue, deu-se alguma ênfase, no período da missão austríaca no Brasil, quando foi executado o mapeamento cadastral do Distrito Federal³⁷ que ocorreu no início século XX sem, no entanto, haver a preocupação com a parcela territorial particularmente com a propriedade privada, pois já existia a Lei.

No título seguinte apresentam-se e aplicam-se métodos de qualidade posicional em campos de pontos de referência, com relação à propagação do erro, da exatidão e da precisão, para densificação de pontos georreferenciados ao SIRGAS2000, para o cadastro, de uma maneira geral, como contribuição para um sistema cadastral eficiente, economicamente implementável, auto-sustentável e continuamente atualizável para o Brasil, e, principalmente que possa servir para múltiplos fins. Como por exemplo, a sugestão de um modelo gestor de coordenadas de um Banco de Coordenadas, discutido em 2.6 para o Brasil.

2.4 – A Parcela e o Cadastro Territorial

“Parcela é uma área (porção limitada da superfície) territorial com regime jurídico único”.

³⁷ Cidade do Rio de Janeiro na época

As parcelas territoriais têm localização única. Os limites podem ser identificados através de valores descritivos, gráficos e numéricos, referenciados ao sistema geodésico oficial, com exatidão e precisão necessária às exigências da Lei. A representação e/ou monumentalização dessa individualidade deve acontecer sem ocorrência de sobreposição ou hiatos entre parcelas contíguas em todo o território considerado, sejam elas parcelas públicas (logradouros, praças, áreas públicas de maneira geral) ou particulares (GALDINO, et. al. 2004). As principais características da parcela territorial, entre outras, são: continuidade espacial – o território considerado é dividido em parcelas, e as parcelas entre si apresentam-se sempre contíguas, sem distinção de públicas ou particulares; mesmo regime jurídico, ou seja, possuída sempre por uma pessoa física ou jurídica, seja esta pública (praças, logradouros, ruas, auto-estradas, etc.) ou privada (empresas, cooperativas, sociedades, etc.); pertencer à mesma localização político-administrativa (estado, município, distrito, etc.); ser de mesmo uso, tais como, circulação, habitação, mineração, cultivo, etc.

A definição de parcela como unidade territorial do cadastro³⁸ remota de antes do Cadastro Napoleônico. Contextualizando MONDON (1998), já em 1807, na publicação da lei que instituía as Instruções relativas ao cadastro napoleônico, como diretrizes básicas para execução do mesmo, no sumário das etapas de compilação, rezava sobre a definição da parcela como sendo *“uma porção da superfície da terra dividida por qualquer limite físico, sujeita ao mesmo uso e encargos e possuída pela mesma pessoa”*. No Cadastro Napoleônico as parcelas eram enumeradas de forma única e representadas graficamente em escalas que variavam de 1:1250 a 1:2500 e, com mapas-índice para articulação, nas escalas 1:5000 a 1:10000; eram calculadas as respectivas áreas e embasadas no estabelecimento de uma rede de triangulação topográfica de apoio; essas parcelas eram classificadas de acordo com seu uso, avaliação do preço e da taxa de impostos incidentes, além de dados de um índice com sumário de nomes, endereços, natureza do cultivo, construções e benfeitorias, entre outros detalhes.

³⁸ Contextualizado de (MONDON, 1998) e (LARSSON, 1991) em (GALDINO, 2002).

Segundo o Resumo – Declaração Sobre o Cadastro - em FIG (2002), Parcela é a unidade territorial do cadastro; é unidade definida por limites formais e informais que delimitam a extensão de terras para uso exclusivo de indivíduos ou grupos específicos de indivíduos (famílias, sociedades, grupos comunitários, etc.). Uma propriedade pode ser constituída de várias parcelas; para ser integral e completa, deve conter informações referentes às áreas públicas e privadas, urbanas e rurais que a constitui. Considerando ainda (FIG, 1995) cada parcela deve possuir um único código ou identificador da parcela. Exemplos destes códigos podem ser apresentados como uma composição alfa numérica e, podem incluir – direta ou indiretamente – uma coordenada (N ou E por ex.) de um ponto singular nos limites da área da parcela, o número do registro do cartório de imóveis, o registro de identificação do mensurador, entre outros atributos, que caracterizem univocamente a parcela considerada e que a mesma possa ser identificada em uma planta de levantamento ou mapa, esteja ela em meio analógico ou digital e adequado à realidade institucional.

Pela definição de parcela já visto, uma propriedade pode ser constituída de mais de uma parcela territorial, desde que satisfaça a condição de contigüidade, regime jurídico e localização político-administrativa, assim, considere a seguinte situação: de acordo com a figura 2.1-a, tem-se a propriedade **C**.

- Propriedade: **C** delimitada pelos vértices (1-2-3-4-6-7-5) com 39 ha, constituída pela soma das áreas das parcelas **A** de 21 ha, delimitada pelos vértices (1-2-3-4-5) e pela parcela **B** de 18 ha de vértices (5-4-6-7);
- regime jurídico: particular (pessoa física)
- localização político-administrativa: Cidade - urbana

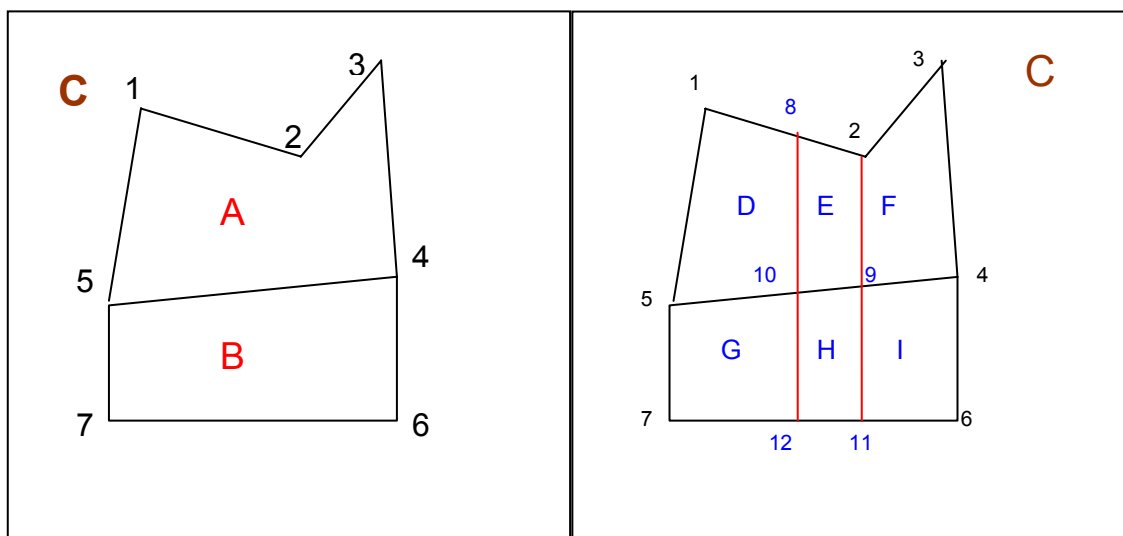


Figura 2.1-a: propriedade C.

Figura 2.1-b: propriedade C particionada.

Considere como exemplo que a Cidade de Carlopólis definiu no Plano Diretor uma auto-estrada passante pela propriedade C e que esta atingiu as parcelas A e B da respectiva propriedade, como apresentado na Figura 2.1-b, as parcelas E e H. Em virtude da nova situação do planejamento da ocupação territorial foram efetuadas as medições topográficas, que resultou no desmembramento da propriedade C, conforme Figura 2.1-b. Na oportunidade, conforme fluxograma de figura 2.2, foi enviado ao cartório de Registro imobiliário, para as providências cabíveis, o memorial descritivo com a referida planta com as novas características da área propriedade C, constando de 6 parcelas (D, E, F, G, H, I), cada uma delas com sua respectiva identidade, coordenadas de limites e área, Tabela 2.1.

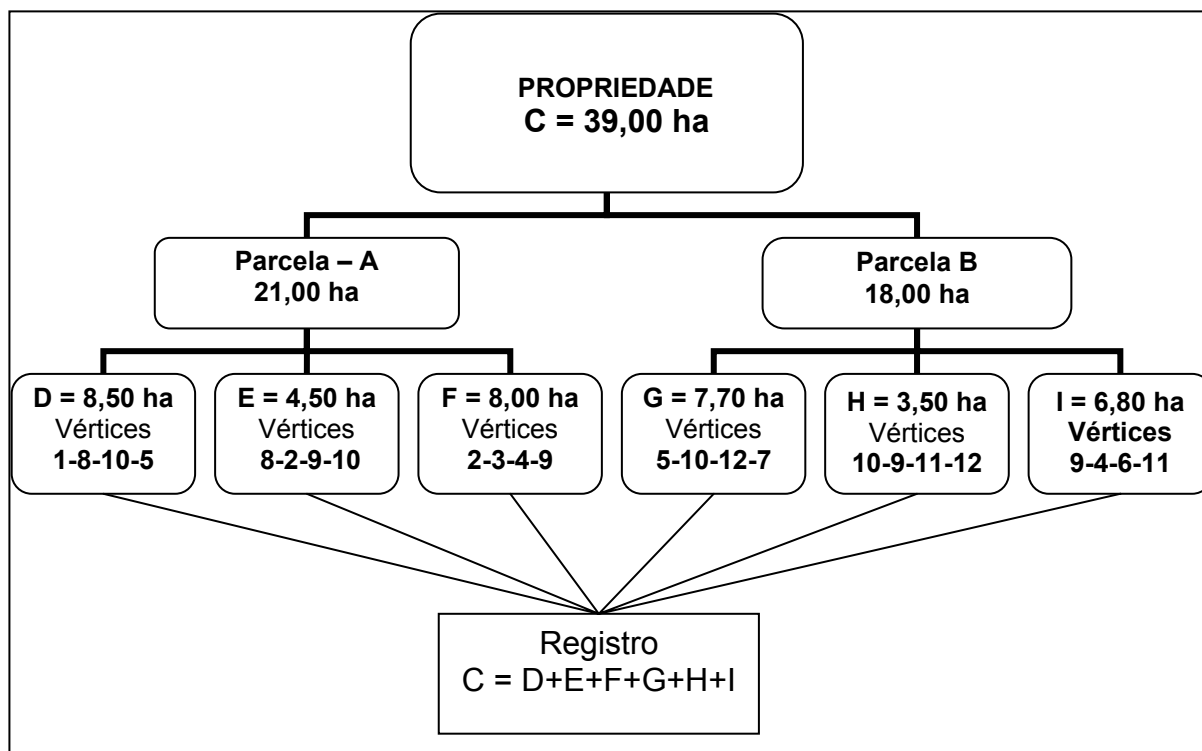


FIGURA - 2.2: Sistema de cadastro ao sistema de registro

TABELA 2.1 – parcelamento territorial da propriedade C

propriedade	C	vértices	1-2-3-4-6-7-5 =	39,00 ha
parcela	vértice	Coordenada E	Coordenada N	área
D	01			
	08			
	10			
	05			8,50 ha
E	08			
	02			
	09			
	10			4,50 ha
F	02			
	03			
	04			
	09			8,00 ha
G	05			
	10			
	12			
	07			7,70 ha
H	10			
	09			
	11			
	12			3,50 ha
I	09			
	04			
	06			
	11			6,80 ha
Área		Total de C		39,00 ha

Com os elementos supra, encaminhados ao serviço de registro imobiliário, procedeu-se a correspondente alteração relativa às parcelas constituintes da propriedade C, agora constituída de seis parcelas ($C = D + E + F + G + H + I = 39$ ha), feito isto, definiu-se quatro novas propriedades (K, L, M, N) por desmembramento da propriedade C. Figura 2.3.

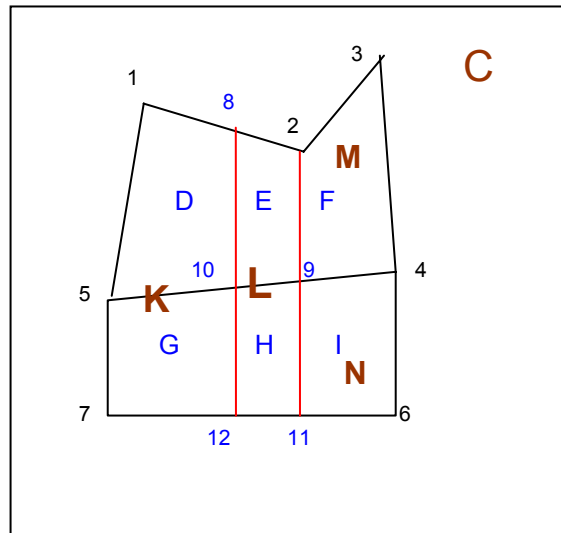


FIGURA 2.3 – desmembramento da propriedade C

e procederam-se os respectivos registros e encaminhados ao serviço de cadastro imobiliário. Figura 2.4, fluxograma do registro para o cadastro.

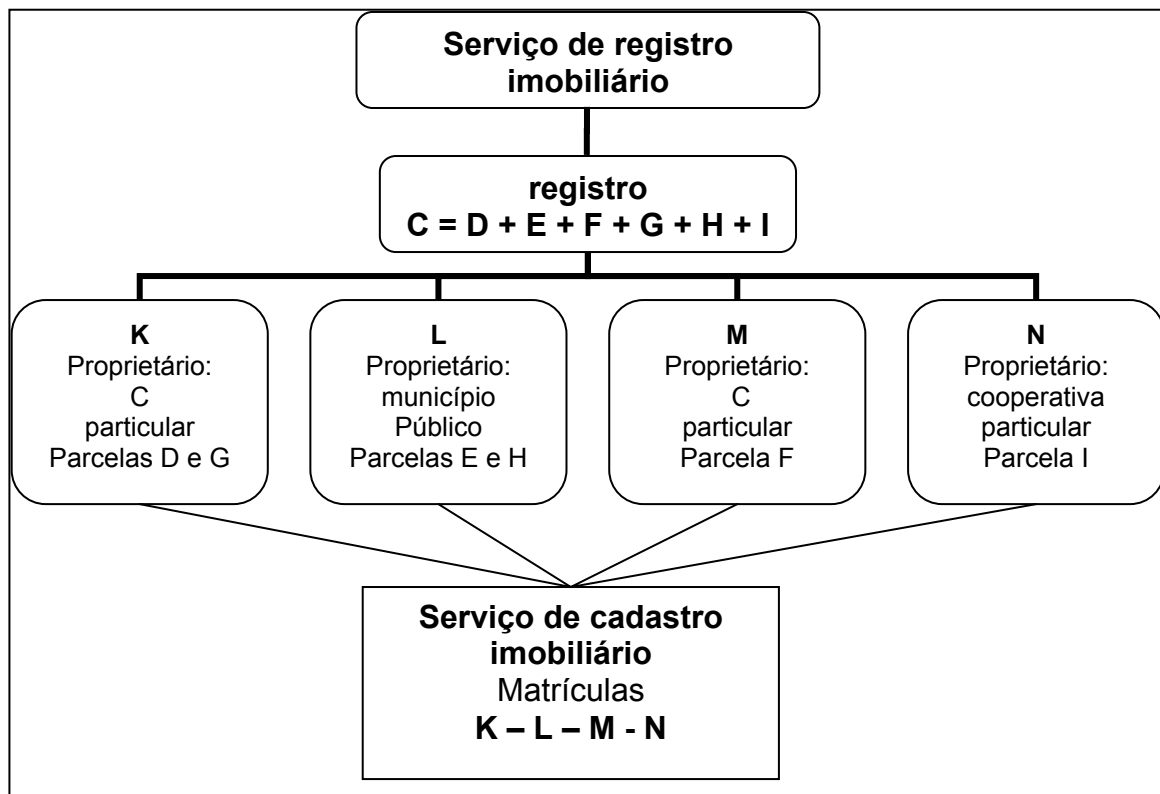


FIGURA 2.4 - Fluxograma: Sistema de registro ao sistema de cadastro

As novas propriedades foram assim discriminadas:

- a) – Registro da **Propriedade K**, desmembrada da propriedade C, registro C, delimitada pelos vértices (1-8-10-12-7-5), constituída pela soma das áreas das parcelas D de vértices (1-8-10-5) e G de vértices (5-10-12-7);
 - regime jurídico: particular (pessoa física) - (proprietário C)
 - localização político-administrativa: Cidade – urbana.

- b) – Registro da **Propriedade L**, desmembrada da propriedade C, registro C, delimitada pelos vértices (8-2-9-11-12-10), constituída pela soma das áreas das parcelas E de vértices (8-2-9-10) e H de vértices (10-9-11-12);
 - regime jurídico: público (prefeitura – plano diretor)
 - localização político-administrativa: Cidade – urbana.

- c) – Registro da **Propriedade M**, desmembrada da propriedade C, registro C, delimitada pelos vértices (2-3-4-9), constituída da parcela F de vértices (2-3-4-9):
 - regime jurídico: particular (pessoa física) - (proprietário C)
 - localização político-administrativa: Cidade – urbana

- d) – Registro da **Propriedade N**, desmembrada da propriedade C, registro C, delimitada pelos vértices (9-4-6-11), constituída da parcela I de vértices (9-4-6-11):
 - regime jurídico: particular (pessoa jurídica) – cooperativa dos bancários de Carlopólis;
 - localização político-administrativa: Cidade – urbana.

Essa rotina de procedimentos entre o serviço de cadastro imobiliário e o de registro de imóveis, acontece interativamente e, conforme Jocomino³⁹ *“apesar do cadastro e registro serem coisas distintas (não se confundem), estes devem atuar em perfeita sintonia para que alcance os objetivos concretos”*.

³⁹ Presidente do Instituto Imobiliário do Brasil - IRIB, em uma entrevista a revista InfoGPS, publicada no Boletim Eletrônico 1582 de 03/03/05

Segundo Hermado Soto⁴⁰ (2005) se fosse apenas uma questão técnica, bastaria utilizar um software tipo padrão, que introduzisse um tipo de registro de imóveis eletrônico e estaria resolvido, no entanto, antes de qualquer coisa, carece estabelecer um diagnóstico: analisar as situações das posses de uma maneira geral e, particularmente, das posses ilegais e de como essas posses são protegidas pela população pobre; entender e analisar que é necessário conhecer as regras informais para poder criar regras novas, exeqüíveis e gerais, introduzindo até estruturas modernas adequando-as à cultura do povo.

Assim, pode-se estabelecer que as diferenças culturais se constituam um dos fatores que determinam a evolução e a especificidade do cadastro dos diferentes países. No Brasil, particularmente, algumas universidades e instituições têm se empenhado em estudos e experiências para tornar eficiente a interconexão entre o cadastro e o registro e que, entre outros objetivos, insistem que a criação de uma lei semelhante a 10.267/2001 para imóveis urbanos é imprescindível, e que o cadastro imobiliário (urbano e rural) e o serviço de registro imobiliário sejam institutos da segurança jurídica e da garantia da propriedade; que os legisladores entendam e atendam a realidade cadastral brasileira e que sejam compelidos a apresentar alternativas legais, concomitantemente às sugestões à solução da segurança jurídica territorial para o Brasil.

No Brasil considera-se como unidade territorial o imóvel e não a parcela, assim nos cadastros imobiliários estão relacionadas apenas as áreas correspondentes aos bens de interesses fiscais, tributários e registral. Com relação à identificação única do imóvel (pode ser a parcela), tem-se atualmente no Brasil, em fase de implantação, como exemplo o INCRA⁴¹, que adota em seu manual de normas técnicas para georreferenciamento de imóveis rurais, o nº constante no Certificado de Cadastro de Imóveis Rurais - CCIR, seguido do número da matrícula atribuída pelo respectivo Cartório de Registro⁴². Esse identificador único quando acionado

⁴⁰ Fundador do Instituto Liberdade e Democracia – IDL, de Lima – Peru, numa entrevista a revista alemã Die Zeit em 27 de janeiro de 2005. disponível em www.idl.org.pe/

⁴¹ Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, através da Lei 10.267/2001 e sua respectiva regulamentação.

⁴² Até 04/2005 menos de 200 imóveis rurais foram registrados de acordo e utilizando as normas expedidas pelo INCRA.(Philips, 05/04/2005 informação verbal)

num SIG⁴³, fornece as informações cadastrais referentes à respectiva propriedade que está inserida numa base cartográfica representante de determinado território.

Se, além de rural, caracterizasse também a parcela urbana, e enriquecida com outras informações, poderia ser objeto multifinalitário e usado pelos variados segmentos da sociedade que utilizam informações georreferenciadas, para seus múltiplos fins como, por exemplo, os serviços públicos de água, luz, telefone, gestão territorial, etc. Conclui-se que, se esse sistema fosse o único – urbano e rural –, gerenciado por uma Instituição exclusiva para esse fim, com o objetivo de dar suporte às necessidades de quaisquer usuários, sejam eles do cadastro rural ou urbano, do registro de imóveis, dos serviços públicos e do planejamento, entre outros, estaria equacionado parte do problema do sistema cadastral e do registro de imóveis do Brasil, dando garantia à propriedade e ao proprietário.

As finalidades básicas de se cadastrar uma parcela territorial são, além de resguardar garantia da propriedade, refletir permanentemente a sua função social quanto ao uso e ocupação, embasar o planejamento governamental e fornecer parâmetros para uma justa tributação (DAROS, et al 1995). De acordo ainda com a FIG em BRANDÃO e GRACIANI, (1999) um cadastro eficiente deve apresentar:

- uma rede de referência espacial constituída de pontos de controle geodésico;
- um conjunto de mapas básicos, preciso, atualizado e em escala grande⁴⁴;
- um “overlay” cadastral que defina todas as parcelas cadastrais, com uma identificação única para cada uma delas.
- um conjunto de registros compatíveis de interesse relacionados a cada parcela;

Geometricamente o cadastro de parcelas territoriais pode ser definido através das medições diretas ou indiretas dos seus limites e deverá apresentar unicidade geográfica sobre a superfície da terra. Isso geralmente não ocorre e é objeto de

⁴³ Sistema de Informações Geográficas

⁴⁴ Na atualidade os mapas digitais ganharam definitivamente seu espaço relativamente aos analógicos. O mapa digital consiste num modelo em verdadeira grandeza, pois a informação cartográfica é construída a partir das coordenadas dos pontos mapeados na unidade de medida do levantamento, não necessitando desta forma, de uma escala geométrica para estabelecer proporcionalidade entre o modelo (mapa) e o real (superfície terrestre de referência). Da mesma forma, qualquer tipo de informação geométrica é obtida analiticamente, a partir das coordenadas, em unidades de medida de terreno, independentemente, portanto, de uma escala geométrica para a extração de medidas. Assim, a escala da representação cartográfica é definida no momento da impressão, respeitando é claro, os limites das unidades dos levantamentos efetuados. [contextualizado de (OLIVEIRA; SILVA e CELESTINO. 2005)].

conflito, ou seja, essas porções, na situação descritiva e métrica atuais, na maioria das vezes, sobrepõem-se ou apresentam hiatos (BRANDÃO et al, 2000).

2.5 – A Obrigação do Estado com Relação à Propriedade e ao Proprietário

Além das constituições federais de 1934, 1946, 1967 e da CONSTITUIÇÃO FEDERAL de 1988 versarem sobre a obrigação do ESTADO, relativamente à garantia e a inviolabilidade da propriedade:

Título II - Dos Direitos e Garantias Fundamentais

Capítulo I - Dos Direitos e Deveres Individuais e Coletivos.

[...]

Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se [...] a inviolabilidade do direito a [...]e à propriedade, nos termos seguintes:

[...]

XXII - é garantido o direito de propriedade;

XXIII - a propriedade atenderá a sua função social;

[...]

Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho [...]tem por fim assegurar a todos uma existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

[...]

II - propriedade privada;

III - função social da propriedade;

[...]

O autor entende que, o Estado não vem cumprindo seu papel enquanto representante e o responsável maior pelo ordenamento público a que está obrigado pela Constituição Federal - conforme transcrição supra - a garantir o direito da propriedade e do proprietário, este, sob a ótica do ordenamento público e da ordem social, o que implica na obrigação de evitar e prevenir possíveis conflitos sociais. Contextualizando ainda Hermado Soto (2005) “discutir sobre direitos de propriedade é tão técnico e específico que muitos políticos se esquivam, no entanto, se entenderem que podem conseguir mais votos se todas as pessoas tiverem um direito à propriedade, serão os primeiros a investir no tema”.

Conflitos que podem ser causados pela não identificação precisa dos limites de uma parcela territorial enquanto propriedade – considerando que, uma propriedade geometricamente está sempre relacionada à outra, logo, envolve dois ou mais proprietários, sejam eles de qualquer situação jurídica, inclusive o próprio Estado (terras devolutas ou terrenos de marinha, por exemplo), em virtude de um cadastro de parcelas georreferenciado com exatidão e precisão inadequadas à identificação

única sobre o território. Observa-se também, que há possibilidade de que algum determinado vértice do polígono delimitador de área possa pertencer a mais de dois limites de parcelas. E, ainda a esse respeito, (ERBA, 1995 apud SOUZA, 2004) comenta:

“A não exigência da Planta de Mensura na hora do registro do imóvel mostra o distanciamento existente entre o Registro de imóveis e o Cadastro Territorial. Essa falta de exigência de correlação ente os estados de direito e de fato trouxe consigo a conhecida situação de confusão de limites que se arrasta até hoje (ERBA, 1995, p.43).”.

Na atualidade, com a Lei 10267/2001 e com a respectiva regulamentação em 2003, essa interação começa a tomar forma, mas ainda muito timidamente, pois a falta de técnicos especializados para atender a demanda e algumas inserções ocorridas nas Normas específicas para esse fim editadas pelo INCRA, incluindo técnicas e metodologias, não satisfaz nem atende a condição de pleno direito e garantia e da inviolabilidade da propriedade, como obrigação do Estado.

2.6 – Banco de Coordenadas – Instituição Multimantenedora

Como alternativa de gestão de um sistema de cadastro de parcelas territoriais que atenda à legislação, à propriedade, ao proprietário, e à sociedade nos mais diversos segmentos usuários, dentre algumas alternativas o Estado poderia criar uma Instituição exclusiva – pública, auto sustentável. Seria baseada num Banco de Coordenadas (dados), constituída de técnicos, estudiosos e especialistas e de tecnologias que, através da continuada atualização e homogeneização dos dados (coordenadas) cadastrados, garantissem a precisão e exatidão dos pontos desse Banco, inclusive, sobretudo aqueles de referência cadastral e de limites de propriedade, além dos pertencentes à rede do SGB - SIRGAS2000⁴⁵ situados em torno do território considerado, e utilizados para transporte e densificação do campo de pontos de referência para a região. Considerando ainda que, ao final dos procedimentos técnicos, estatísticos e de análises de confiabilidade, precisão e

⁴⁵ Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000). Decreto Nº 5334/2005 de 06/01/2005; em 25/02/2005 assinada a respectiva Resolução do Presidente do IBGE Nº 1/2005 que estabelece o SIRGAS2000 como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN).

exatidão, todas as coordenadas apresentem-se georreferenciadas ao SGB e homogêneas. Aliás, a esse respeito, considerando a relativa complexidade da teoria envolvida no controle de qualidade dos pontos dos levantamentos envolvidos, Mônico (2003) em seu artigo "Controle de qualidade em levantamentos no contexto da lei 10.267" em seus comentários e conclusões sugere: *"pensar na possibilidade de implementar centros regionais de processamento de dados, onde todos esses aspectos sejam considerados de uma forma mais ou menos automática"*. Assim, esse Banco seria alimentado com dados (coordenadas) e, cadastrados com critérios de qualidade de aceitação, medidos em campo por instituições e técnicos (mensuradores) de notória especialidade, habilitados e credenciados.

Aos pontos do Banco de Coordenadas estariam vinculados e registrados hierarquicamente os dados relativos às especificações das coordenadas com respeito a:

- precisão e exatidão (quanto a necessidade, ao uso e aplicabilidade);
- nível de homogeneização no contexto regional do território considerado – raio de ação de influência pré-definido;
- referência de medição do levantamento, se: (SGB – SIRGAS2000; Rede estadual GPS; Rede de Referência Cadastral Municipal ou Rede de Levantamento de apoio), hierarquicamente ao final vinculado ao novo SGB;
- finalidade(s) a que se destina o ponto no levantamento considerado (cadastro imobiliário ou Registro de imóveis, outras), quando couber;
- o mensurador ou instituição que produziu a coordenada, deve fornecer ao B C, informações:
 - o Técnicas sobre (transporte, densificação, cadastral - levantamento de limites de parcelas, etc.), equipamentos, métodos;
 - o Situação política geográfica (Estado, região, município, cidade, bairro, rua, etc.), no que couber;
 - o Finalidade cadastral imobiliária ou registral - quando couber
 - o Regime jurídico (particular – pessoa física ou jurídica -; pública – união, estado ou município);
 - o Finalidade social (habitação, circulação, serviços públicos de água, luz, telefone, reforma agrária, colonização, indigenista, fronteiras, entre outros);

- Outros atributos considerados de relevância para serem registrados no Banco de Coordenadas.

Todos os pontos levantados fossem eles concernentes ao transporte, densificação ou de limites de parcelas estariam submetidos à homologação do Banco e tornar-se-iam disponíveis ao uso público e universal. Assim, temporalmente ter-se-ia um banco de pontos georreferenciados e mantidos, indiretamente por toda sociedade usuária e mensuradora de coordenadas, com precisão especificada nos critérios de aceitação pré-estabelecido e, principalmente, economicamente exeqüível.

A Figura 2.5 representa um esquema interativo entre o Banco de Coordenadas e as instituições produtoras, usuárias e pesquisadoras de dados georreferenciados.

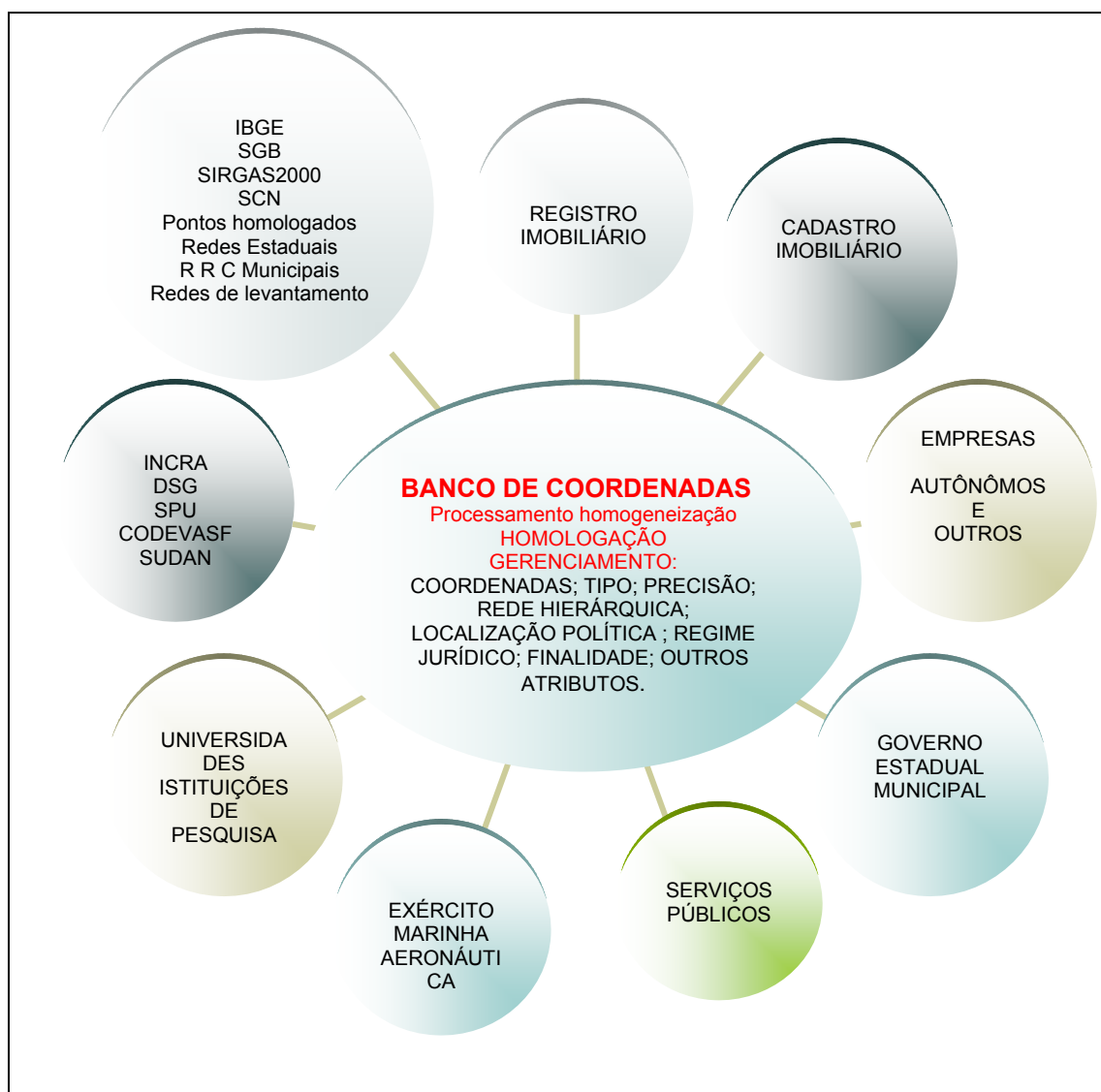


FIGURA 2.5 – BANCO DE COORDENADAS – MULTIMANTENEDORA E INTERATIVA

Ressaltando ainda que na atualidade o novo SGB - SIRGAS2000 potencia – desde que utilizando métodos, técnicas e tecnologias adequados - e atende satisfatoriamente o cadastro urbano, o rural e o respectivo registro de imóveis no fornecimento dos valores das coordenadas dos limites das parcelas territoriais sob os aspectos de precisão e exatidão posicional.

Considerados os aspectos supra, a situação estaria agora carecendo de legislação pertinente que abrangesse a parcela urbana também, a inserção na legislação brasileira, nos moldes, pelo menos como os da Lei 10.267/2001, essas Leis juntas seriam norteadores aos novos paradigmas, sob o ponto de vista metrológico e registral, de um sistema cadastral eficiente e adequado para o Brasil. E assim, estaria o Estado cumprindo sua obrigação constitucional, entre outras, a de proteger e garantir a propriedade e o proprietário como já exposto.

Como exemplo pode-se citar: um agrimensor inscrito e credenciado pelo Banco de Coordenadas, efetua o levantamento correspondente ao transporte de coordenadas da rede RBMC e esta seja e esteja em acordo com as especificações de exatidão e precisão da instituição (IBGE), então essa coordenada homologada pelo Banco teria uma identidade (código) e seria disponível, através do Banco de Coordenadas, a outros usuários que tivessem necessidade de ocupar pontos de referência naquela região e/ou utilizar os limites de parcelas já cadastrados para seus respectivos objetivos, assim, ter-se-ia temporalmente, uma densificação natural de pontos de referência para as mais diversas aplicações e finalidades – inclusive registro e cadastro -.

Com relação ao Registro da propriedade conforme rege a lei 10267/2001, há a obrigatoriedade de inserir as coordenadas georreferenciadas ao SGB dos limites do imóvel; o órgão responsável pela homologação e fornecimento dos valores oficiais a serem registrados é o INCRA, e, foi designado por lei, responsável pela normatização técnica do georreferenciamento dos imóveis rurais do Brasil. Considerando ainda que a lei 10267/2001 exige para efeito de registro de imóvel rural e em autos judiciais (art.176 e art.225), que a identificação do imóvel, conste de

memorial descritivo que contenha, entre outras informações, as coordenadas definidoras dos vértices dos limites do respectivo imóvel:

Art. 3º Os arts. 169, 176, 225 e 246 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, passam a vigorar com as seguintes alterações:

Art. 169.
.....

II – os registros relativos a imóveis situados em comarcas ou circunscrições limítrofes, que serão feitos em todas elas, devendo os Registros de Imóveis fazer constar dos registros tal ocorrência.

..... (NR)

Art. 176.
§ 1º

.....
II -
.....

3) a identificação do imóvel, que será feita com indicação:

a - se rural, do código do imóvel, dos dados constantes do CCIR, da denominação e de suas características, confrontações, localização e área;

b - se urbano, de suas características e confrontações, localização, área, logradouro, número e de sua designação cadastral, se houver.

.....

§ 3º Nos casos de desmembramento, parcelamento ou remembramento de imóveis rurais, a identificação prevista na alínea a do item 3 do inciso II do § 1º será obtida a partir de memorial descritivo, assinado por profissional habilitado e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, contendo as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, geo-referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional a ser fixada pelo INCRA, garantida a isenção de custos financeiros aos proprietários de imóveis rurais cuja somatória da área não exceda a quatro módulos fiscais.

§ 4º A identificação de que trata o § 3º tornar-se-á obrigatória para efetivação de registro, em qualquer situação de transferência de imóvel rural, nos prazos fixados por ato do Poder Executivo. (NR)

Art. 225.

§ 3º Nos autos judiciais que versem sobre imóveis rurais, a localização, os limites e as confrontações serão obtidos a partir de memorial descritivo assinado por profissional habilitado e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, contendo as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, geo-referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional a ser fixada pelo INCRA, garantida a isenção de custos financeiros aos proprietários de imóveis rurais cuja somatória da área não exceda a quatro módulos fiscais. (NR).

O INCRA procedeu a elaboração da normatização para georreferenciamento de imóveis rurais, produziu o documento denominado “NORMA TÉCNICA PARA GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS” especificamente para atender as leis 10267/2001 e 4449/2002, foi elaborado pela equipe técnica da própria Instituição e ouvidos cientistas das mais renomadas instituições do país.

Considerando, que o documento é multidisciplinar e abrangente, nessa versão, sob a ótica deste autor, talvez por força da interpretação “*stricto sensus*” da lei, ficaram algumas lacunas carecendo de serem melhoradas. Por exemplo, entre outros, o modelo de memorial descritivo normatizado pelo INCRA para ser transcrito ao serviço de registro de imóveis é ultrapassado, veja Figura 2.6. Esse aglutinado de nomes e letras não simplifica ao registrador, ao proprietário ou ao leigo, talvez até ao próprio técnico.

O autor entende que um Banco de Coordenadas pode disponibilizar ao sistema de cadastro Imobiliário e ao sistema de registro imobiliário, entre outras instituições usuárias, por solicitação do interessado, as informações posicionais pertinentes a cada propriedade. No caso, o sistema de cadastro produziria, a partir das coordenadas⁴⁶ dos limites da propriedade, uma identidade única para o imóvel, constando nesta, a área, a identificação das parcelas, dos limites com os valores das coordenadas e os demais elementos geodésicos e cartográficos e outros pertinentes a um sistema cadastral moderno e multifinalitário e, ao sistema de registro, forneceria o código único identificador e os outros elementos necessários à identificação do imóvel (área e identidade dos vértices limites, sem, contudo, fornecer os valores das coordenadas), bem como os códigos identificadores dos seus confrontantes Figura 2.7. O Banco de Coordenadas ou o sistema de cadastro imobiliário poderia fornecer também ao sistema de registro, uma plotagem (desenho) por coordenadas, em escala, para visualização da situação geométrica e do posicionamento dos vértices dos limites e identificação das propriedades confrontantes, Figuras 2.8 e 2.9. Com as informações do Banco de coordenadas ou do sistema de cadastro, bastariam para o sistema de registro, proceder à execução do respectivo registro imobiliário com a representação gráfica da área e identificada os seus vértices num mapa, fazendo parte do documento registrado, além, é claro, das informações de praxe, das benfeitorias, características e objetos naturais ou limitações relevantes e de interesse do proprietário.

⁴⁶ Limites da propriedade, mesuradas, por agrimensor habilitado, registradas, homologadas e disponibilizadas pelo Banco de Coordenadas, universalmente às instituições usuárias de dados georreferenciados SIRGAS2000 do SGB e para SCN – Sistema Cartográfico Nacional. Particularmente, para codificação dos pontos limites de parcelas, podem ser codificados univocamente como nos moldes do INCRA (INCRA, 2003), por exemplo e os pontos de Transporte e densificação para região, também definidos com identidade única.

E com relação à aceitação desse procedimento, a legislação deu ao INCRA os poderes para elaborar as normas de georreferenciamento, portanto, com competência para normatizar a descrição da representação cartográfica no registro, relativamente ao “memorial descritivo” como está na legislação supra; uma maneira seria considerar o memorial descritivo contido nas normas como, um conjunto alfabético, numérico e de símbolos transcritos de uma autoridade (INCRA) ou Banco de Coordenadas, por ex. para o sistema de Registro; nesse contexto, a representação cartográfica seria a consideração da ligação vértice a vértice (símbolo a símbolo) delineando a forma dos limites da área e apresentado ao registro em conjunto com a parte literal sucinta como sugerido. Restaria agora resolver o problema das áreas urbanas, pois, como citado no início, ainda não se tem na legislação brasileira essa obrigatoriedade para parcelas territoriais urbanas.

Exemplo desse modelo de Registro através de coordenadas pode ser observado nas Figuras 2.8 e 2.9 adaptadas de “Colégio de Registradores de la Propiedad y Mercantiles de España” (2003).

O autor considera o tema do Banco de Coordenadas, uma contribuição embrionária à pesquisa científica e que tem relevância singular. Como diz SOUZA (2004), “... grandes mudanças no sistema cadastral e no sistema geodésico brasileiro estão sendo empreendidas”, no sistema geodésico pelo novo SGB com o SIRGAS2000 que exige tecnologia GPS e/ou LPS em seus procedimentos de observações e medições, e no sistema cadastral pela Lei 10.267/2001 com a exigência de georreferenciamento para o registro de imóveis rurais. Ainda, de acordo com este autor, “As exigências da Lei estão provocando uma profunda alteração nos procedimentos até então empregados nos levantamentos cadastrais, com conseqüências para qualidade, custos e necessidade de capacitação do profissional envolvido”, ademais à perseguição de uma Lei semelhante a 10267/2001 para ambiente urbano. Assim sendo, uma instituição multimantenedora dos dados de coordenadas georreferenciados, para o Brasil, é relevante, imprescindível, objeto de continuado intercâmbio científico e de pesquisa na área do conhecimento da ordenação do território.

No final do processo – instalação de um BANCO DE COORDENADAS – serão beneficiados interativamente, órgãos públicos e privados, cada um na sua especificidade, sob três aspectos fundamentais: o jurídico, na forma legal e garantia inequívoca do direito a quem couber; o geométrico nos mais diversos tipos e qualidades de informação sobre o ponto, o limite, a área e sua situação físico-geográfica no território e o econômico, no sentido de poder ser autofinanciável e economicamente exeqüível com a participação interativa dos usuários-mantenedores. Esse conjunto de atributos vai garantir inequivocamente os direitos, os deveres, a adequada distribuição de cargas fiscais e ainda servir de base para o planejamento ordenado do território e da gestão ambiental, tão evidente na atualidade. Segundo ERBA, (1995) citando uma Reunião de especialistas ocorrida em La Plata na Argentina apud (SOUZA, 2004), referindo-se a um sistema de cadastro territorial “É necessário uma metodologia para instrumentá-lo, uma complexa tarefa para executá-lo, uma organização administrativa para conservá-lo e um aporte constante de informações para mantê-lo atualizado”. É sob essa ótica que o Banco de Coordenadas poderá atender satisfatória e permanentemente esse segmento usuário particularmente, e ainda dispor do seu Banco para outras instituições usuárias do contexto geomético-posicional e cartográfico do território.

Anexo II	
Modelo de memorial descritivo.	
MEMORIAL DESCRITIVO	
Imóvel :	Comarca :
Proprietário:	U.F:
Município:	Código INCRA:
Matrícula:	Perímetro (m):
Área (ha):	
<p>Inicia-se a descrição deste perímetro no vértice MHJ-M-0001, de coordenadas N 8.259.340,39m e E 196.606,83m, situado no limite da faixa de domínio da Estrada Municipal, que liga Carimbo a Pirapora e nos limite da Fazenda Santa Rita, código INCRA.....; deste, segue confrontando com a Fazenda Santa Rita, com os seguintes azimutes e distâncias: 96°24'17" e 48,05 m até o vértice MHJ-M-0002, de coordenadas N 8.259.335,03m e E 196.654,58m; 90°44'06" e de 25,72 m até o vértice MHJ-M-0003, de coordenadas N 8.259.334,70m e E 196.680,30m; 98°40'35" e 79,35 m até o vértice MHJ-M-0004, de coordenadas N 8.259.334,70m e E 196.680,30m; 98°40'39" e 32,41 m até o vértice MHJ-M-0005, de coordenadas N 8.259.317,84m e E 196.790,78m, situado na margem esquerda do córrego da Palha; deste, segue pelo referido córrego a montante, com os seguintes azimutes e distâncias: 167°39'33" e 10,57 m até o vértice MHJ-P-0001, de coordenadas N 8.259.307,51m e E 196.793,04m; 170°58'05" e 10,06 m até o vértice MHJ-P-0002, de coordenadas N 8.259.297,57m e E 196.794,62m; 180°32'08" e 9,63 m até o vértice MHJ-P-0003, de coordenadas N 8.259.285,39m e E 196.794,08m; 199°50'29" e 9,66 m até o vértice MHJ-P-0004 de coordenadas N 8.259.276,30m e E 196.790,80m; 208°30'56" e 10,12 m até o vértice MHJ-P-0005, de coordenadas N 8.259.267,41m e E 196.785,97m; 209°06'51" e 10,26 m até o vértice MHJ-P-0006 de coordenadas N 8.259.258,45m e E 196.780,98m, 201°49'21" e 10,06 m até o vértice MHJ-P-0007 de coordenadas N 8.259.249,11m e E 196.777,24m; 188°11'44" e 9,89 m até o vértice MHJ-M-0006 de coordenadas 8.259.239,32m e 196.775,83m, situado na margem esquerda do córrego da Palha e divisa da Fazenda São José, código INCRA; deste, segue confrontando com a Fazenda São José com os seguintes Azimutes e distâncias: 276°11'31" e 30,32 m até o vértice MHJ-M-0007 de coordenadas N 8.259.242,59m e E 196.145,69m; 282°03'45" e 152,17 m até o MHJ-M-0008 de coordenadas N 8.259.274,39m e E 196.596,88m, situado da divisa da Fazenda São José e limite da faixa de domínio da estrada municipal que liga Carimbo a Pirapora; deste, segue pela limite da faixa de domínio da Estrada Municipal, com os seguintes azimutes e distâncias: 347°08'31" e 17,93 m até o vértice MHJ-P-0008 de coordenadas N 8.259.291,87m e E 196.592,89m; 02°56'12" e 15,03 m até o vértice MHJ-P-0009 de coordenadas N 8.259.306,88m e E 196.593,66m; 25°49'11" e 12,03 m até o vértice MHJ-P-0010 de coordenadas N 8.259.317,71m e E 196.598,90m; 19°16'19" e 24,03 m até o vértice MHJ-M-0001, ponto inicial da descrição deste perímetro. Todas as coordenadas aqui descritas estão georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro, a partir da estação ativa da RBMC de Brasília, de coordenadas E..... e N....., e encontram-se representadas no Sistema UTM, referenciadas ao Meridiano Central nº 45 WGr, tendo como datum o SAD-69. Todos os azimutes e distâncias, área e perímetro foram calculados no plano de projeção UTM.</p>	
Brasília, de de 2003	
Resp. Técnico	Eng. Agrimensor CREA
Código Credenciamento.....	ART

FIGURA 2.6: – MODELO DE MEMORIAL DESCRITIVO

Fonte: INCRA, 2003

MEMORIAL DESCRITIVO	
Imóvel: parcela (lote, quadra, fazenda,...)	Comarca:
Identificação: urbano ou rural	
Proprietário: Fulano de tal	cpf/cnpj. 000.000.000-00
Município: Carlópolis	U.F : RS
Matrícula: 50074⁴⁷	Código:(INCRA ou Prefeitura)
ÁREA (m² e ha)	
Sistema de Referência: SIRGAS2000	
Projeção: UTM – Fuso 35W	
<p>A propriedade acima mencionada tem seus limites definidos e identificados pelos seguintes vértices: MHJ-P-0001; MHJ-P-0002;...; MHJ-P000n, descritos no sentido horário, cujas coordenadas estão homologadas e disponíveis no Banco de Coordenadas do Brasil - BCB – seção RS; a área delimitada confronta-se com as propriedades (parcelas – lotes, ruas, logradouros, fazendas, etc..), códigos (INCRA ou Prefeitura), tal, tal, tal...e tal; acompanha este memorial descritivo uma representação gráfica, plotada por coordenadas em escala, para fins de visualização da situação geométrica e posicional em relação aos confrontantes.</p>	
<p>Porto Alegre, 24 de abril de 2005.</p>	
<p>Resp. Técnico: Fulano de Tal Eng. Agrimensor, Cartógrafo, Civil,... – CREA.....</p>	
<p>Código do Credeciamiento no BCB ART</p>	

FIGURA 2.7 – ESBOÇO DE MEMORIAL DESCRITIVO

⁴⁷ Relativo matrícula no Livro 2 (Registro Geral), Lei dos registros Públicos – 8935 de 18/11/1994, complementando: o livro 4 (indicador Real) localiza o registro pela identificação do imóvel – pelo endereço, se urbano ou pela localização, se rural. O livro 5 (Indicador Pessoal), localiza o registro pelo nome das pessoas envolvidas.(BRASIL, 1994)

BANCO DE DADOS DE COORDENADAS DO BRASIL SEÇÃO RIO GRANDE DO SUL

Registro: 50074 - Encruzilhada do sul (Serviços de Registros de Imóveis)

Propriedade: rural

Registro: INCRA - 26423612-8

Município: Encruzilhada do Sul - RS **Distrito:** Serra do Sudoeste

Número de parcelas: duas

área: 19,7391 ha = 197.390,93 m²

Parcela 1: 02029823-00

área: 15,7058 ha = 157.057,91 m²

Parcela 2: 02029822-00

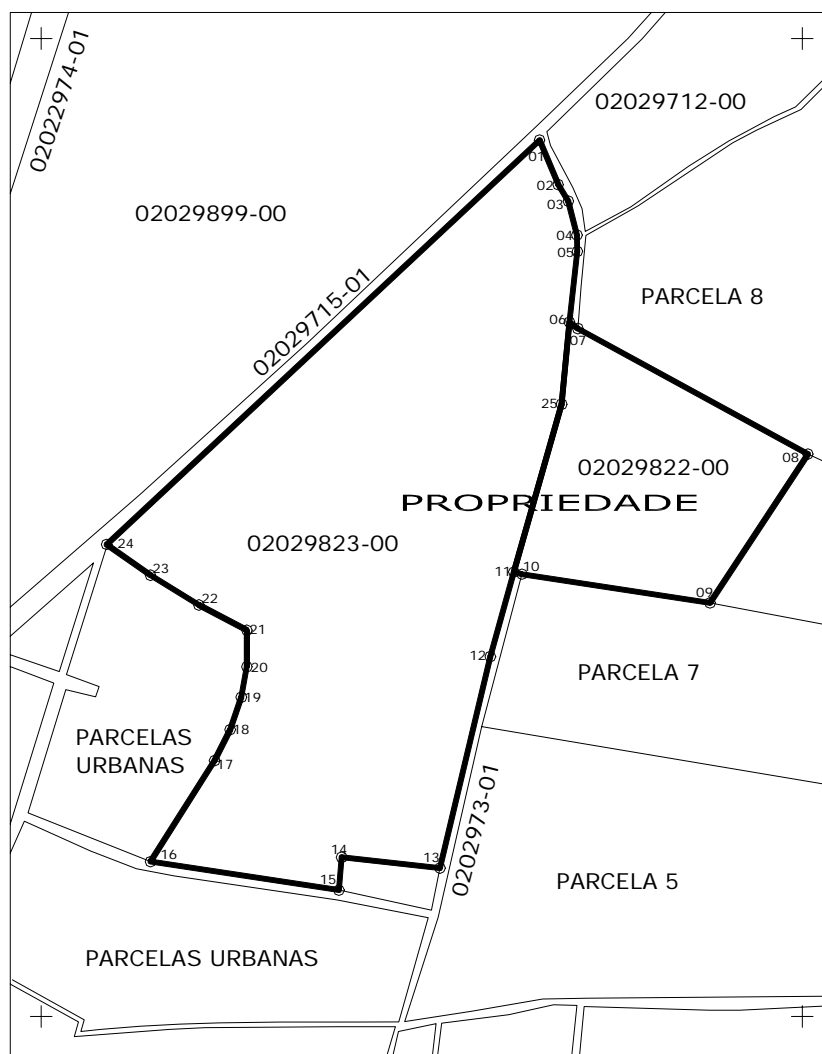
área: 4,0333 ha = 40.333,02 m²

Escala: 1:7000

Sistema de Referência: SIRGAS2000 **Projeção:** UTM - Fuso: 35W

X= 354.200 Y= 6.606.700

X=354.900 Y= 6.606.700



X = 354.200 Y = 6.605.800

X = 354.900 Y = 6.605.800

FIGURA 2.8 – Área Rural, descrita por código universal e representada por coordenadas.
Adaptada de Base Gráfica Registral (Registradores de Espanha, 2003).

BANCO DE DADOS DE COORDENADAS DO BRASIL
SEÇÃO RIO GRANDE DO SUL

Registro: 27802 - Lindolfo Collor (Serviços de Registros de Imóveis)

Propriedade: urbano Registro: BIC - Prefeitura nº 26423612-8
Município: Lindolfo Collor-RS Endereço: Rua Pte Prudente, 146-Centro
Parcela: 229824-03

área: 0,7316ha = 7.315,75m² Perímetro: 397,91 m Escala 1:3000

Sistema de Referência: SIRGAS2000 Projeção: UTM - Fuso: 35W

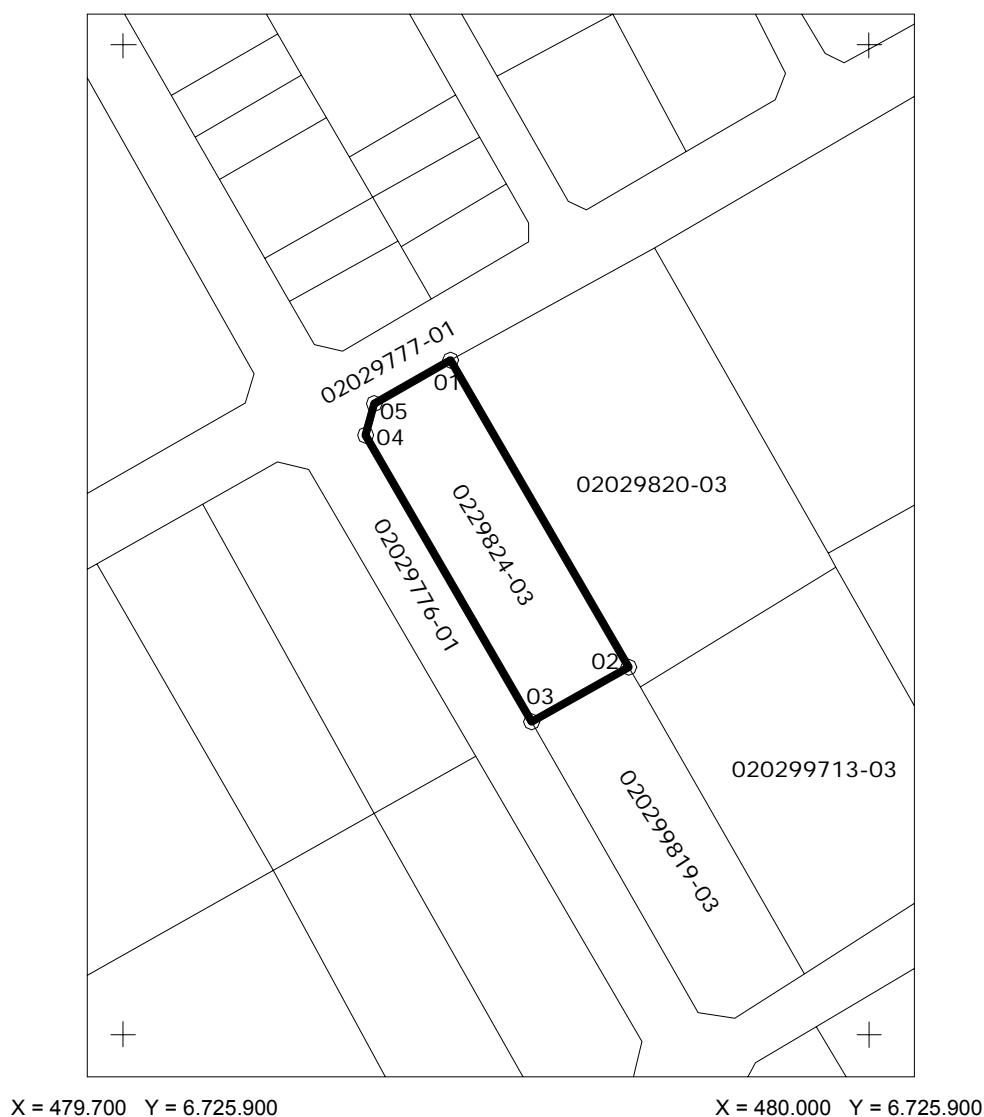


FIGURA 2.9 – Área Urbana, descrita por código universal e representada por coordenadas. Adaptada de Base Gráfica Registral (Registradores de Espanha, 2003).

2.7 – Exigência da Precisão e da Exatidão

O Brasil, de acordo com o empenho e desempenho dos seus pesquisadores, das instituições de registro e de cadastro, como um sistema de informações sobre a terra, e da cultura do país, está a caminho da formação e do aperfeiçoamento do seu Sistema Cadastral, claro que fundamentado num modelo teórico, nos moldes da FIG, por exemplo, e inovando de acordo com sua especificidade, sua economia e sua cultura. Ocorre aqui o que ocorreu e está ocorrendo na maioria dos países, particularmente, naqueles que estão em desenvolvimento, como Vietnã e Malásia (CARNEIRO, 2001), que têm necessidade de gerenciar seu território com extração dos mais diversos tipos de informações sobre ele, além daquelas referentes ao posicionamento físico sobre a superfície, que garantem a propriedade ao proprietário.

O novo código civil estabelece que o erro conceitual e aceito como tolerável é de 1:20 (5%), da extensão ou da área mensurada, sendo assim, as pesquisas brasileiras, entre outras, se desenvolvem em duas vertentes: uma para aperfeiçoar e inserir na legislação explicitamente a necessidade da precisão posicional no ambiente urbano, pelo menos como está configurado, através da 10267/01 para o meio rural, e a outra, na intensificação de procedimentos de rotinas, de técnicas e de métodos para que os campos de pontos de referência e dos limites das parcelas territoriais apresentem-se com precisão posicional e exatidão homogêneas nas suas atualizações temporais, à medida que vão ocorrendo as inserções de novos pontos de referência ou de limites de parcelas no território considerado.

Como bem coloca SOUZA (2004) no seu contexto, as exigências da Lei 10.267/01 para o território rural estão provocando uma profunda transformação nos procedimentos até então empregados nos levantamentos dos limites das parcelas territoriais e, como consequência imediata a melhoria desses procedimentos sob a ótica da qualidade, custos e capacitação de profissional especializado para a função.

No contexto de GRAFAEND, CROSS, SCHMITT, SCHAFFRIN, KUNAG em KANG (1996) referenciados em SOUZA (2004), para implantação de redes geodésicas, devem-se adotar procedimentos segundo os quais possa definir uma forma de configuração geométrica ótima com relação à distribuição dos pontos da rede, e de

um plano de execução de medições que atendam os critérios de qualidade pré-estabelecidos, com o mínimo esforço possível. Isto é, utilizar técnicas de otimização⁴⁸ para alcançar a precisão pré-estabelecida e a confiabilidade necessária, com o menor custo.

Com relação à otimização de procedimento, da melhoria da qualidade posicional (precisão e exatidão) e da economia, o georreferenciamento de parcelas territoriais, sejam elas urbanas ou rurais exige a presença, no entorno da área, de uma rede de pontos de referência oficial (no caso o SGB), considerando para mensuração dos limites, sejam eles por tecnologia satelitária ou convencional (topográfico clássico ou moderno), a propagação do erro e a tolerância preestabelecida de acordo com a necessidade exigida e com a legislação vigente.

Relativamente à precisão e exatidão, esse conceito já foi discutido por muitos autores e supõe-se subentendido pelo leitor. Atualmente, com o advento tecnologia satelital, para definição de um sistema de posicionamento global geocêntrico, o georreferenciamento de qualquer campo de pontos pode ser definido preciso e exato com a mesma qualidade métrica indistintamente⁴⁹, resta saber se esse processo é economicamente viável e economicamente exequível para todos os pontos do território considerado. Segundo SOUZA (2002), verifica-se que as características dimensionais, de área, confrontantes, segurança jurídica e valor da propriedade estão garantidos com a precisão relativa, isto é, são intrínsecos à propriedade cadastrável, enquanto que a situação geográfica da propriedade sobre território na região considerada fica garantida pela exatidão do posicionamento absoluto (BRANDÃO et al. 2001). Ambas são importantes, no entanto possuem exigências distintas, de acordo ainda com SOUZA et al (2002), reforça as possibilidades de obtenção, medição e observação de cada grupo de pontos distintamente desde que estejam dentro do contexto de um planejamento e projeto específicos e, que ao final,

⁴⁸ Otimização pode ser entendido como o planejamento de um conjunto de ações que visem e observem os aspectos de precisão, confiabilidade, custos e operacionalidade na implantação de uma rede geodésica. (literatura complementar em SOUZA, (2004)).

⁴⁹ Com o advento da inserção no SGB do sistema global de referência SIRGAS2000, a precisão posicional e a exatidão, no contexto de georreferenciamento de limites de parcelas territoriais podem se equivaler em qualidade, só depende de técnicas e métodos de observação e ajustamento adequados. Contextualizado de (Seeber, 2004); (IBGE, 2003) e (MÔNICO, 2003) as "realizações" SIRGAS - utilizam o modelo WGS84 - correspondem as densificações ITRF no continente americano; o ITRF é mais preciso e serve de modelo para refinamento do WGS84; relativamente à precisão são essencialmente idênticos ao nível de 1 cm {WGS84 (G115) \approx 26 estações na realização e ITRF2000 \approx 800 estações}.

com superabundância de valores e medições de controle possam ser adequadamente ajustados e homogeneizados.

Para densificação de um campo de pontos para servir de referência para levantamentos de limites de parcelas, uma série de critérios e análises que tornem o projeto de densificação exeqüível, econômico e eficiente. Entre outros, considera-se o grau de precisão desejado, a confiabilidade - reflexa a detecção de erros grosseiros -, os custos, a geometria da distribuição territorial dos pontos e respectiva densidade na região considerada; as características de precisões nominais do conjunto de equipamentos (rastreadores de satélites, de estações totais, distanciômetros, teodolitos, níveis, prismas, trenas, etc.), de métodos e técnicas de aquisição dos dados etc., e, sobretudo superabundância de observações e medições de controle para ajustamento do conjunto de pontos; consideram-se também critérios para os limites de inserção de novos pontos em números e destinação e raio de influência para homogeneização.

Para implantação de um campo de pontos de referência faz-se necessário um planejamento, um projeto específico para cada caso. Considerando que os limites das parcelas que constituem a propriedade têm, por definição, geometrias próprias, e são pontos que serão medidos, logo, carecem de pontos auxiliares de apoio; são estes pontos que devem ser adequados e geometricamente distribuídos com as considerações de geometria da figura na propagação do erro no cálculo das coordenadas.

Na fase de planejamento e de projeto, a propagação do erro deve ser considerada nos mais abrangentes aspectos; deve ser analisadas a definição do equipamento, método e técnica de levantamento; geometria, quantificação e distribuição dos pontos no território em questão para determinação de coordenadas dos novos pontos, entre outros aspectos como em SOUZA (2004).

Geralmente a propagação do erro é preestabelecida no planejamento e nos projetos; são verificadas suas influências na precisão dos pontos, dos limites lados definidores de parcelas, nas áreas das parcelas e no posicionamento de feições notáveis do terreno, entre outros componentes. É nessa fase que se definem os equipamentos -

de acordo com a precisão instrumental - adequados aos métodos e técnicas de levantamentos e, os procedimentos de controle para atingir o objetivo esperado. No planejamento verifica-se a priori, através do desvio padrão das especificações instrumentais, variáveis envolvidas em cada caso, por intermédio da particularização da série de TAYLOR, considerando seus coeficientes diferenciais ∂x_i como desvios padrão σ_i e as derivadas parciais das variáveis envolvidas $\partial \phi / \partial x_i$ como coeficientes de aproximação a_i da função primitiva.

As coordenadas de um ponto⁵⁰, georreferenciado ou não, geralmente são grandezas obtidas indiretamente a partir das medições de outras, por exemplo, a definição de uma área a partir das medições dos limites dos seus lados⁵¹, a obtenção das coordenadas cartesianas de um ponto a partir das medições polares (ângulos e distâncias) – bi ou tridimensional – entre outras grandezas.

Segundo WITTE e SHIMIDT (1995), se as grandezas não forem medidas diretamente, mas derivadas de outras medidas com desvios casuais derivados destas grandezas (p. ex. a área de um retângulo é produto dos seus lados), deve ser observado como as variâncias dos dados de saída se propagam sobre os valores medidos - lei de propagação dos erros.

Considere que variável casual Y seja uma função (em geral não-linear) de n variáveis casuais X_j , cujas variâncias σ_j^2 são conhecidas, ou seja:

$$Y = \varphi(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (2.a)$$

Quando nestas relações funcionais, para as variáveis casuais X_j valores concretos X_{ij} serão colocados, resultam das variáveis casuais Y para determinadas grandezas y_i , Assim:

$$y_i = \varphi(X_{i1}, X_{i2}, X_{i3}, \dots, X_{in}) \quad (2.b)$$

⁵⁰ De acordo com (Philips, 2002) em notas de aula, o Ponto é matematicamente caracterizado como sendo as coordenadas de uma posição; o limite métrico da sua estrutura física é de 10^{-13} cm, daí entra-se na estrutura molecular; filosoficamente é indefinido, como um objeto não pode ser medido com seu valor exato, fisicamente é limitado pelo equipamento e estrutura física.

⁵¹ Lado é definido como uma consecução infinita de pontos justapostos e limitado pelos vértices.

Para linearizar a função, desenvolve-se a relação funcional conforme Taylor⁵² e obtém-se a diferencial total por redução da primeira derivada.

$$dy = \frac{\partial \varphi}{\partial X_1} dX_1 + \frac{\partial \varphi}{\partial X_2} dX_2 + \frac{\partial \varphi}{\partial X_3} dX_3 + \dots + \frac{\partial \varphi}{\partial X_n} dX_n \quad (2.1)$$

Para isso, deriva-se parcialmente a função φ uma após a outra com relação a variável X_j das variâncias $\sigma_j^2 \neq 0$. Se a variância σ_j^2 do componente X_j for igual a zero, não existe qualquer comportamento de dispersão e é tomado como constante, isto é, sua derivação é zero.

Substituindo-se a diferencial dX_j pelo desvio padrão σ_j e elevando a equação ao quadrado, tem-se como resultado a partir da lei de propagação das covariâncias – denominada também de “lei geral de propagação dos erros” - a variância σ_y^2 das variáveis ao acaso Y , para:

$$\sigma_y^2 = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \right)^2 \cdot \sigma_1^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \right)^2 \cdot \sigma_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_n} \right)^2 \cdot \sigma_n^2 + 2 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \cdot \sigma_{12} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial x_3} \cdot \sigma_{13} + \dots + \frac{\partial \varphi}{\partial x_{n-1}} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial x_n} \cdot \sigma_{n-1,n} \right) \quad (2.2)$$

nesta equação considerando σ_{12} , σ_{13} , σ_{14} , ..., $\sigma_{n-1, n}$, que representam as covariâncias entre variáveis mutuamente dependentes X_j .

Considerando também que para variáveis dependentes X_j a covariância é nula, resultando assim que a soma do produto total desaparece e surge a soma dos quadrados individuais da lei de propagação das variâncias para variáveis mutuamente dependentes X_j ou, se quiser, “lei de propagação dos erros simplificada”, assim:

$$\sigma_y^2 = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \right)^2 \cdot \sigma_1^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \right)^2 \cdot \sigma_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_n} \right)^2 \cdot \sigma_n^2 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial \varphi}{\partial X_j} \right)^2 \cdot \sigma_j^2 \quad (2.3)$$

⁵² Segundo Gemael (1994) “em muitos casos práticos, nas proximidades de x_0 a curva $f(\varphi)$ pode ser substituída por uma reta” e acontece quando se negligencia os termos de ordem superior a 2ª na série de TAYLOR que proporciona o valor de uma função $f(\varphi)$ no ponto $x = x_0$ quando se conhece o valor de $f(\varphi)$ para $x = x_0$. Assim $F(\varphi) = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0)/1! + f''(x_0)[(x - x_0)^2]/2! + \dots$

As derivadas parciais $\partial\varphi/\partial X$ são geradas na posição x_j , isto é, da introdução dos valores x_{ij} para variáveis X_j , nas leis de propagação (2.1 e 2.2) resulta a variância σ_y^2 de um valor concreto y para a variável casual Y .

Caso as variâncias σ_j^2 sejam desconhecidas, os valores estimados s_j^2 podem ser substituídos na relação (2.3), assim:

$$s_y^2 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial\varphi}{\partial X_j} \right)^2 . s_j^2 \quad (2.4)$$

O mesmo vale para cada equação (2.2) da lei de propagação das covariâncias.

No uso prático, necessita-se substituir o desvio padrão s_j por σ_j após a geração da diferencial total a diferencial ∂X_j e elevar ao quadrado cada elemento da equação. Deve-se observar que as grandezas da função X_j , em especial quando se trata de antigas medidas de grandeza, também sejam efetivamente independentes. Ainda, de acordo com WITTE e SHIMIDT (1995), *“grandezas da função que foram derivadas de medidas de grandeza de uma terceira medida de grandeza, são independentes entre si”*.

Já, sob o contexto de AYRES (1992) denominando as derivadas parciais $\partial\varphi/\partial X$ de coeficientes “ a ” a expressão 2.3 toma o seguinte aspecto:

$$\sigma_y^2 = a_1^2 \sigma_1^2 + a_2^2 \sigma_2^2 + a_3^2 \sigma_3^2 + \dots + a_n^2 \sigma_n^2 \quad (2.5)$$

Expressão que traduz o desvio padrão ou erro médio quadrático⁵³ evidentemente com as mesmas considerações de interdependência entre variáveis correlacionadas mutuamente. Então:

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n a_i^2 \sigma_i^2 \quad (2.6)$$

⁵³ Considerando que o erro médio quadrático σ é dado pela média dos quadrados dos erros verdadeiros ε ou aparentes ε_a , em algumas bibliografias ε_a é o mesmo que resíduos das observações e segundo Gauss é uma correção (ECV4170 – notas de aulas 2001).

:

Ou ainda, contextualizado conforme GEMAEL (1994) em notação matricial, com as mesmas considerações feitas por WITTE e SHIMIDT (1995) e AYRES (1992) do desenvolvimento aproximação linear da série de Taylor para propagação do erro.

Formalizando a expressão para m funções de n variáveis, com seus respectivos erros, assim:

$$F = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \dots \\ \dots \\ f_m \end{bmatrix}_{f(x_1 \dots n)} + \left. \frac{dF}{dX} \right|_{x_0} \Delta X \quad (2.7)$$

Onde:

$$F = \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2 \dots x_n) \\ f_2(x_1, x_2 \dots x_n) \\ \dots \\ \dots \\ f_m(x_1, x_2 \dots x_n) \end{bmatrix} \text{ com } \frac{\partial F}{\partial X} = \begin{bmatrix} \left(\frac{df_1}{dx_1}\right)^2 & \left(\frac{df_1}{dx_2}\right)^2 & \dots & \left(\frac{df_1}{dx_n}\right)^2 \\ \left(\frac{df_2}{dx_1}\right)^2 & \left(\frac{df_2}{dx_2}\right)^2 & \dots & \left(\frac{df_2}{dx_n}\right)^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \left(\frac{df_m}{dx_1}\right)^2 & \left(\frac{df_m}{dx_2}\right)^2 & \dots & \left(\frac{df_m}{dx_n}\right)^2 \end{bmatrix} \text{ e } \Delta X = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 \\ \sigma_2^2 \\ \dots \\ \sigma_m^2 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

2.7.1 Propagação do erro – estabelecimento do problema

A análise da incerteza utilizando a Lei de Propagação de Erros (ou variância), é muito útil, principalmente no planejamento de projetos de levantamentos, que exigem estudos preliminares e objetivam definir os instrumentos e métodos a serem utilizados nas campanhas de mensurações e observações. No caso dos projetos que utilizam medições polares (ângulos e distâncias) e estações de referência, o estudo da propagação do erro baseado no conhecimento dos valores das coordenadas com seu respectivo desvio padrão, dos valores aproximados para ângulos e distâncias, e das variâncias provenientes de experiências anteriores ou das especificações dos instrumentos utilizados, conduzidos antes das operações de campo, caracterizam uma otimização “a priori” do Processo.

Sob essa ótica, pode-se estabelecer um conjunto ordenado de procedimentos a serem seguidos quando se aplicar a lei de propagação de erros, para análise de

erros de grandezas correlacionadas indiretamente ou não correlacionadas. Contextualizando de GALDINO (2001) e CREMONA e GALDINO (2003) estabelece-se os seguintes procedimentos, assim:

- definir a precisão requerida para o projeto (equipamento, técnica e método);
- estabelecer claramente a função que relaciona as variáveis envolvidas (modelo matemático) e identificar as variáveis influentes;
- determinar as derivadas parciais da função primitiva em relação às variáveis envolvidas (observáveis);
- obter a expressão geral do erro;
- quantificar numericamente as derivadas parciais a partir dos valores conhecidos;
- Introduzir os resultados na equação da Lei de Propagação de Erros.
- estimar ou obter as variâncias das observações (metodológica e instrumental);

Desta forma procede-se com a determinação da propagação dos erros, obtendo-se ao final dos procedimentos, a variância resultante deste acúmulo de erros propagados pela incerteza e natureza da medição, além da precisão da estação de referência, que tem peso significativo nessa propagação.

O estabelecimento do problema é um escrito mnemônico da aplicação da propagação do erro, está em concordância com a abrangência das explicações supra, particularizados por pontos, lados e áreas. Devem se ater à observância das influências da técnica e método, distribuição espacial, densidade dos pontos e distribuição geometria espacial sobre a área considerada.

2.7.1.1 Propagação do erro - transporte por coordenadas polares.

Considere a expressão (estabelecimento do problema) da determinação das coordenadas de um ponto P a partir das coordenadas de um ponto E conhecido, por levantamento polar (ângulo e distância).

Assim tem-se:

- as coordenadas do ponto P que se deseja determinar $P(X_p, Y_p)$
- as coordenadas da estação conhecida $E(X_e, Y_e)$;
- a distância d entre E e P ($d = EP$)
- ângulo horizontal ou azimuth medido = α
- ângulo vertical EP medido do horizonte = β (subentenda representado na fig. 8)

O modelo matemático que expressa a coordenada de um ponto P por coordenadas polares, considerando a Figura 2.10, é:

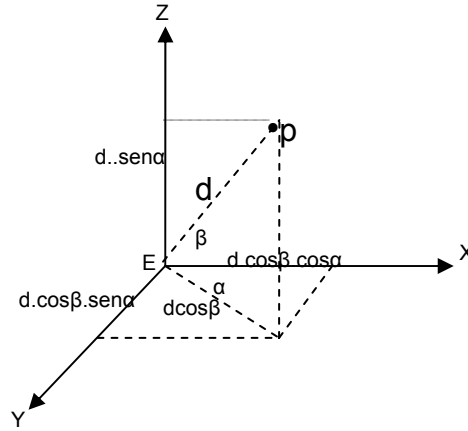


FIGURA 2.10 – COORDENADAS POR LEVANTAMENTO POLAR

$$X_p = X_e + d \cos \beta \cos \alpha$$

$$Y_p = Y_e + d \cos \beta \sin \alpha$$

Onde, X_e ; Y_e ; d são variáveis; β = medição angular vertical; α = medição angular horizontal.

E sendo: $\sigma_{X_e} = \sigma_{Y_e} = \sigma_E$; σ_d ; $\sigma_{\text{vert}} = \sigma_{\text{horiz}} = \sigma_a$ os respectivos desvios padrão e de acordo com a expressão (2.3) vem:

$$\begin{aligned} \sigma_{P_x}^2 &= \left(\frac{\partial f_x}{\partial X_e} \right)^2 \sigma_E^2 + \left(\frac{\partial f_x}{\partial d} \right)^2 \sigma_d^2 + \left(\frac{\partial f_x}{\partial \beta} \right)^2 \sigma_a^2 + \left(\frac{\partial f_x}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_a^2 \\ \sigma_{P_y}^2 &= \left(\frac{\partial f_y}{\partial Y_e} \right)^2 \sigma_E^2 + \left(\frac{\partial f_y}{\partial d} \right)^2 \sigma_d^2 + \left(\frac{\partial f_y}{\partial \beta} \right)^2 \sigma_a^2 + \left(\frac{\partial f_y}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_a^2 \end{aligned} \quad (2.9)$$

Para $\sigma_{P_x}^2$ tem-se as seguintes derivadas como coeficientes a_{1Px}

$$\frac{\partial f}{\partial X_e} = 1 \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial X_e} \right)^2 = 1 \quad (2.10)$$

$$\frac{\partial f}{\partial d} = \cos \beta \cos \alpha \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial d} \right)^2 = \cos^2 \beta \cos^2 \alpha \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial f}{\partial \beta} &= -d \sin \beta \cos \alpha \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial \beta} \right)^2 = d^2 \sin^2 \beta \cos^2 \alpha \\ \frac{\partial f}{\partial \alpha} &= -d \cos \beta \sin \alpha \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial \alpha} \right)^2 = d^2 \cos^2 \beta \sin^2 \alpha\end{aligned}\quad (2.13)$$

Analogamente para σ_{Py}^2 tem-se as seguintes derivadas como coeficientes a_{2Py}

$$\frac{\partial f}{\partial y_E} = 1 \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial y_E} \right)^2 = 1 \quad (2.14)$$

$$\frac{\partial f}{\partial d} = \cos \beta \sin \alpha \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial d} \right)^2 = \cos^2 \beta \sin^2 \alpha \quad (2.15)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \beta} = -d \sin \beta \sin \alpha \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial \beta} \right)^2 = d^2 \sin^2 \beta \sin^2 \alpha$$

$$\frac{\partial f}{\partial \alpha} = d \cos \beta \cos \alpha \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial \alpha} \right)^2 = d^2 \cos^2 \beta \cos^2 \alpha \quad (2.17)$$

Levando as derivadas parciais como coeficientes de (2.7) tem-se

$$\begin{aligned}\sigma_{Px}^2 &= a_{1x}^2 \sigma_E^2 + a_{2x}^2 \sigma_d^2 + a_{3x}^2 \sigma_a^2 + a_{4x}^2 \sigma_a^2 \\ \sigma_{Py}^2 &= a_{1y}^2 \sigma_E^2 + a_{2y}^2 \sigma_d^2 + a_{3y}^2 \sigma_a^2 + a_{4y}^2 \sigma_a^2\end{aligned}\quad (2.18)$$

Considerando ainda que σ_P^2 resultante é dado pela expressão:

$$\sigma_P^2 = \sigma_{Px}^2 + \sigma_{Py}^2 \quad (2.19)$$

então:

$$\sigma_P^2 = (a_{1x}^2 + a_{1y}^2) \sigma_E^2 + (a_{2x}^2 + a_{2y}^2) \sigma_d^2 + [(a_{3x}^2 + a_{3y}^2) + (a_{4x}^2 + a_{4y}^2)] \sigma_a^2 \quad (2.20)$$

resultando, com as devidas simplificações, finalmente em:

$$\sigma_P^2 = 2\sigma_E^2 + \sigma_d^2 \cos^2 \beta + \sigma_a^2 d^2 \quad (2.21)$$

- Aplicação numérica para o caso, conforme anunciado, sejam:

$\sigma_E = 0,10\text{m}$ (desvio padrão - precisão das coordenadas da estação de referência E(x,y));

$\sigma_d = 0,05\text{m}$ (desvio padrão - precisão das medições lineares “d”, função do equipamento usado);

$\sigma_a = 20''$ e $\sigma_a = 5''$ (desvio padrão - precisão (equipamento de 20'' e 5'') das medidas angulares " α e β ", considerado aqui valores conjunto resultantes da precisão do equipamento utilizado e acuidade operacional), e

σ_P = desvio padrão do ponto P determinado a partir da estação E por medições de ângulos e distâncias (levantamento polar).

São os desvios padrões considerados, para o exemplo e destacados nos resultados da Tabela 2.2 abaixo:

TABELA 2.2 – PROPAGAÇÃO DO ERRO POR LEVANTAMENTO POLAR

distância	Comprimento	exemplo	Erro propagado ao ponto P = σ_P			
			Para $\sigma_a=20''$		Para $\sigma_a= 05''$	
		50m	$\pm 0,15m$	0,30%	$\pm 0,15m$	0,30%
curtas	Até 500 m	500m	$\pm 0,16m$	0,03%	$\pm 0,15m$	0,03%
médias	de 500m a 2000m	1000m	$\pm 0,18m$	0,02%	$\pm 0,15m$	0,01%
longas	Maior que 2000m	5.000m	$\pm 0,51m$	0,01%	$\pm 0,19m$	0,38%

Observa-se nos resultados acima que a precisão do ponto P determinado por levantamento polar deve ser analisada a precisão da estação de partida, dos equipamentos de medições angulares e lineares, cuja influência encontram-se nas duas últimas colunas da tabela supra. Conclui-se que para atingir um o objetivo de precisão desejado para as coordenadas de um ponto, deve-se analisar e definir na fase de planejamento e projeto a qualidade da estação de partida (referência), o equipamento e método de trabalho adequado.

3.7.1.2 Propagação do erro no cálculo da área

Considere a expressão do cálculo de área pela fórmula de GAUSS e a respectiva propagação do erro causado pelas variáveis influentes.

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n y_i (x_{i+1} - x_{i-1}) = \frac{1}{2} \{ [y_1(x_2 - x_n) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_4 - x_2) + \dots + y_n(x_1 - x_{n-1})] \} \quad (2.10)$$

Estabelecimento do problema e as variáveis envolvidas (coordenadas X_i , Y_i dos pontos que delimitam o polígono da área):

Determinar o desvio padrão da área σ_A considerando que o desvio padrão das componentes X_i e Y_i dos pontos dos limites do polígono são iguais $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$

Derivadas parciais da função em relação a todas as variáveis da expressão (2.10). Assim:

$$\frac{\partial F}{\partial X(x_1)} = (y_n - y_2); \frac{\partial F}{\partial X(x_2)} = (y_1 - y_3); \frac{\partial F}{\partial X(x_3)} = (y_2 - y_4); \dots; \frac{\partial F}{\partial X(x_n)} = (y_{n-1} - y_1) \quad (2.22)$$

Semelhante para Y:

$$\frac{\partial F}{\partial X(y_1)} = (x_2 - x_n); \frac{\partial F}{\partial X(y_2)} = (x_3 - x_1); \frac{\partial F}{\partial X(y_3)} = (x_4 - x_2); \dots; \frac{\partial F}{\partial X(y_n)} = (x_1 - x_{n-1}) \quad (2.23)$$

Denominando de a_{xi} e a_{yi} as respectivas derivadas parciais e elevando-as ao quadrado têm-se os seguintes coeficientes:

$$a_{x_i} = \frac{\partial F}{\partial x_i} \Rightarrow a^2_{x_i} = \left(\frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 \quad \text{e} \quad a_{y_i} = \frac{\partial F}{\partial y_i} \Rightarrow a^2_{y_i} = \left(\frac{\partial F}{\partial y_i} \right)^2 \quad (2.24)$$

Com as considerações da expressão (2.3) substituindo-se as diferenciais dX_j e dy_j pelos respectivos desvios padrão das medições nos eixos X e Y σ_{ix} e σ_{iy} e elevando a equação ao quadrado, tem-se as respectivas variâncias, conseqüentemente determina-se o erro médio quadrático.

Considerando como na fórmula (2.6) do erro médio quadrático para componentes de X e Y, têm-se:

$$\sigma_F^2 = a^2_{x1} \sigma_x^2 + a^2_{x2} \sigma_x^2 + \dots + a^2_{xn} \sigma_x^2 + a^2_{y1} \sigma_y^2 + a^2_{y2} \sigma_y^2 + \dots + a^2_{yn} \sigma_y^2 \quad (2.25)$$

donde, dispostos convenientemente, têm-se:

$$\sigma_F^2 = (a^2_{x1} + a^2_{x2} + a^2_{x3} + \dots + a^2_{xn}) \sigma_x^2 + (a^2_{y1} + a^2_{y3} + a^2_{y3} + \dots + a^2_{yn}) \sigma_y^2 \quad (2.26)$$

Logo:

$$a^2_1 = \sum_{i=1}^n a^2_{xi} \quad \text{e} \quad a^2_2 = \sum_{i=1}^n a^2_{yi} \quad (2.27)$$

O somatório de a_{xi}^2 corresponde ao coeficiente resultante e influente no eixo X e a_{yi}^2 no eixo Y. É um argumento que pode verificar a influência dessa resultante no resultado da precisão final do cálculo da área, em função da distribuição espacial e homogênea do polígono considerado GALDINO (2001), como será visto adiante.

Assim:

$$\sigma_F^2 = a_1^2 \sigma_x^2 + a_2^2 \sigma_y^2 \quad (2.28)$$

considerando ainda que,

$\sigma_x = \sigma_y = \sigma$ então a expressão do erro médio quadrático toma o seguinte aspecto:

$$\sigma_F^2 = (a_1^2 + a_2^2) \sigma^2 \quad (2.29)$$

ou, como uma fórmula generalizada:

$$\sigma_F^2 = \left(\sum_{i=1}^n a_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n a_{yi}^2 \right) \cdot \sigma^2 \quad (2.30)$$

Aplicação numérica para o caso de uma parcela urbana de 360m² e de uma parcela rural de 5 ha – 50.000m².

- a) Considere as seguintes figuras que representam parcelas urbanas de 360 m² nas formas geométricas como apresentados abaixo na Figura 2.11.

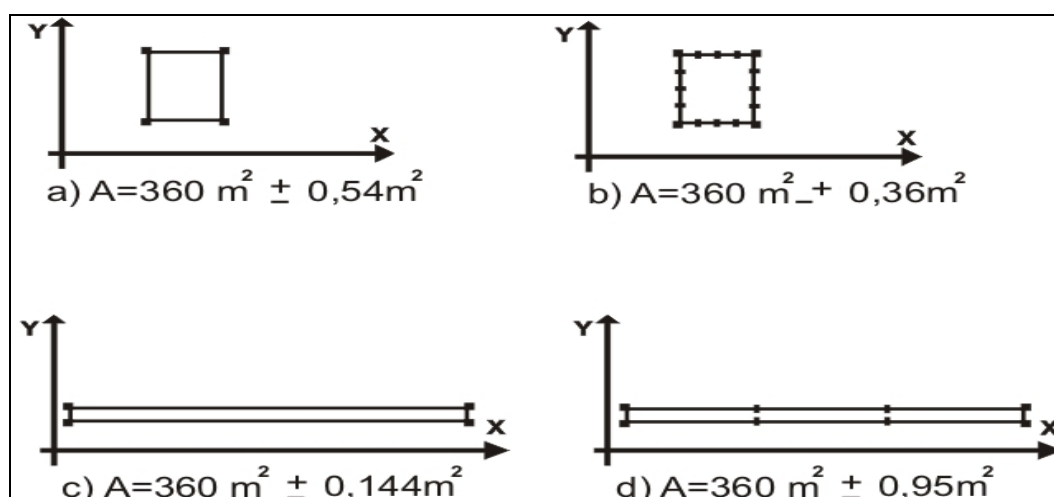


FIGURA 2.11 – ÁREA URBANA E A PROPAGAÇÃO DO ERRO

TABELA 2.3 - PROPAGAÇÃO DO ERRO NO CÁLCULO DE ÁREA (urbana)

Área Urbana de 360 m ²				$\sigma X = \sigma Y = 0,02m$			
Área	Nº lados	Tamanho (m) e sentido		Coeficientes em (m ²)		σ_A	
		Em X	Em Y	a^2_x	a^2_y		
Fig. 9 a)	4	18,0 m	20,0 m	400	324	0,54 m ²	0,15%
Fig. 9 b)	16	4,5 m	5,0 m	175	142	0,36 m ²	0,10%
Fig. 9 c)	4	72,0 m	5,0 m	25	5184	1,44 m ²	0,40%
Fig. 9 d)	8	24,0 m	5,0 m	24	2248	0,95 m ²	0,26%

Observe que a figura 9c, o coeficiente a^2_y é 207 vezes maior que o coeficiente a^2_x , essa discrepância é a influência da relação entre o maior e menor lados envolvidos e é reflexo da resultante das derivadas parciais da função em relação a x e a y respectivamente; na fig. 2.11-d a relação é de 94 vezes e representa as influências da relação entre as dimensões dos lados e da densidades de pontos, embora e heterogêneas em relação ao sistema axial, a densidade, até certo limite, atenua os valores dos coeficientes a_x e a_y , pelo mesmo motivo.

- b) Considere as seguintes figuras que representam parcelas rurais de 5 ha ou 50.000 m² nas formas geométricas como apresentadas abaixo na Figura 2.12.

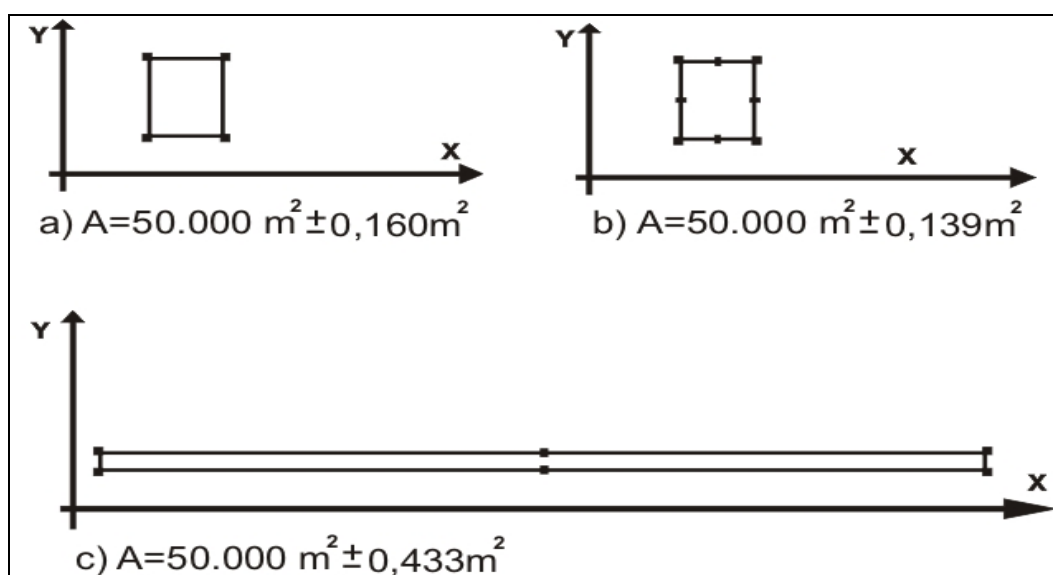


FIGURA 2.12 – ÁREA RURAL E A PROPAGAÇÃO DO ERRO

TABELA 2.4 - PROPAGAÇÃO DO ERRO NO CÁLCULO DE ÁREA (RURAL)

Área Rural de 5 ha ou 50.000 m ² $\sigma X = \sigma Y = 0,50$ m							
Área	Nº lados	Tamanho (m) e sentido		Coeficientes em (m ²)		σ_A	
		Em X	Em Y	a^2_x	a^2_y		
Fig. 10 a	4	200	250	62.500	40.000	160 m2	0,32%
Fig. 10 b	8	100	125	46.875	30.000	139 m2	0,28%
Fig. 10c	6	25	1000	625	3.000.000	433 m2	0,87%

Observe que a figura 10c, o coeficiente a^2_y é 4800 vezes maior que o coeficiente a^2_x , essa discrepância é a influência distribuição espacial dos pontos e da relação entre o maior lado - 1000m - e o menor - 25m - envolvidos no polígono e, é reflexo da resultante das derivadas parciais da função F em relação a x e a y respectivamente; nas figuras 10-a) e 10-b) os pontos apresentam-se equidistribuídos e de lados aproximadamente semelhantes, resultando σ_A semelhantes. Nas bibliografias clássicas sobre levantamentos topográficos, observa-se a recomendação de que o menor lado nunca deva ter dimensão dez vezes inferior ao maior, isso têm influência significativa na geometria da figura, conseqüentemente na propagação do erro no cálculo da área.

2.7.1.3 Propagação de erros – outras influências.

Para inconfundível caracterização da parcela territorial, a propagação do erro não se restringe apenas às precisões posicionais dos pontos, existem outras influências características da geometria da parcela – as distância ente dois pontos definida pelo alinhamento entre limites, os azimutes de alinhamentos, ângulos definidores de dois alinhamentos jacentes de um ponto, entre outros. Assim, semelhantemente aos desenvolvimentos da definição de um ponto por coordenadas polares e da propagação do erro no cálculo da área da parcela a partir da precisão posicional dos pontos desses limites, linearizadas por Taylor tem-se:

- Para distância entre dois pontos:

A propagação do erro na distancia D entre dois pontos i j pode ser expressa por:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad (2.31)$$

Semelhantemente tem-se as derivadas parciais em relação a cada variável como coeficientes ai e os respectivos desvios padrão σ_i conforme (2.4);(25);(2.6), então como desvio padrão resultante tem-se:

$$\sigma_D^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} \right)^2 \sigma_{xj}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y_j} \right)^2 \sigma_{yj}^2 - \left(\frac{\partial f_x}{\partial xi} \right)^2 \sigma_{xi}^2 - \left(\frac{\partial f_x}{\partial yi} \right)^2 \sigma_{yi}^2 \quad (2.32)$$

- Para o azimuth de uma direção entre dois pontos i e j :

O azimuth de uma direção pode ser dado pela seguinte fórmula:

$$A_{zij} = \arctg \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i} \quad (2.33)$$

com as mesmas considerações sobre propagação de erros tem-se as derivadas parciais em relação a cada variável como coeficientes ai e os respectivos desvios padrão σ_i conforme (2.4);(2.5);(2.6), resulta desvio padrão como segue:

$$\sigma_{AZ_{ij}}^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial y_j} \right)^2 \sigma_{yj}^2 - \left(\frac{\partial f}{\partial X_j} \right)^2 \sigma_{xj}^2 - \left(\frac{\partial f}{\partial Yi} \right)^2 \sigma_{yi}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Xi} \right)^2 \sigma_{xi}^2 \quad (2.34)$$

Raciocínio análogo, segundo CREMONA e GALDINO (2003), pode ser feito para determinar a influência propagação do erro causado pelo ângulo entre duas direções, entre outros atributos concernentes a limites e pontos notáveis de parcelas territoriais.

Observando ainda as precisões, os erros e as distorções cometidas no processo de levantamento de pontos de uma parcela urbana, por exemplo, considere isento de erros a cadeia hierárquica de redes de referenciais da seguinte maneira: segundo (Romão, 1996) a Rede de Referência Estadual deverá ser implantada por posicionamento satelital - GPS; deve ser utilizado ajustamento livre onde são obtidas as precisões posicionais sem influência de injunções posicionais⁵⁴, de pontos da Rede fundamental, ou seja, são consideradas apenas as qualidades das medições e devem atingir de 1cm a 3cm. Nas aplicações práticas é necessária a amarração à rede fundamental. Assim, a precisão final da rede de referencia estadual fica condicionada a rede Fundamental e, como o novo SGB está referido ao SIRGAS,

⁵⁴ Na época da edição do artigo, a autora refere-se ao SGB vigente, ou seja o sistema da rede clássica SAD-69, cuja precisão é, pelo menos 10 vezes menor que o atual SGB – SIRGAS2000.

realização 2000,4 – SIRGAS2000 - a injunção posicional aplicada como amarração é da mesma ordem de grandeza, caracteriza melhora significativa relativamente ao antigo SGB (SAD-69). A Rede de Referência Cadastral Municipal deve ser executada por posicionamento satelital - GPS , entre outros - é ajustada de modo hierárquico à Rede Estadual de Referência, considerada isenta de erros e deve atingir precisão melhor que 3cm. Os pontos constituintes da Rede de Levantamento deverão ser medidos por tecnologia GPS, ajustados de modo hierárquico à Rede Referência Cadastral Municipal, considerada isenta de erros com precisão relativa melhor que 3 cm (TABELA 2.5).

TABELA 2.5 – PRECISÕES NO LEVANTAMENTO CADASTRAL (PHILIPS e ROCHA, 1999)

Redes	Precisão	Observação
Fundamental ou de 1ª. Ordem	1/100.000	Rede fundamental
Rede de Referência Estadual ou de 2ª ordem	Precisão absoluta de ± 3 cm	Referente ao Sistema Geodésico Brasileiro
Rede de Referência Cadastral Municipal ou de 3ª ordem	Precisão relativa de ± 3 cm	Referente aos pontos da Rede de Referência Estadual
Rede de levantamentos	Precisão relativa de ± 3 cm	Referente aos pontos da rede de Referência Cadastral Municipal
Pontos limite de propriedade	Precisão relativa de ± 3 a 5 cm	Referente aos pontos da rede de levantamento

Contextualizando PHILIPS e ROCHA (1999) a propagação do erro se dá, de uma maneira simplista, no processo de levantamento de parcelas urbanas, a partir da rede de levantamento, tomando as precisões de atributos particulares como independentes entre si e, assim a propagação do erro resultante se dará sobre os seguintes elementos e da seguinte maneira conforme Tabela 2.5:

- σ_1 refere-se a precisão de rede fundamental ativa RBMC do SGB referenciado ao SIRGAS2000, com precisão relativa de 1:500.000 ou seja: $\sigma_1 = 2$ cm;
- σ_2 refere-se a precisão da Rede de Referência Estadual, implantada nas mesmas condições acima $\sigma_2 = 3$ cm;
- σ_3 refere-se a precisão da Rede de Referência Cadastral Municipal, também $\sigma_3 = 3$ cm;
- σ_4 refere-se a precisão da rede de levantamento, densificada da RRCM, $\sigma_4 = 3$ cm, e

- σ_5 refere-se a precisão dos pontos dos limites de propriedade $\sigma_5 = 5 \text{ cm}$.

Assim pela fórmula 2.6 como uma simplificação da propagação das covariâncias, têm-se:

$$\sigma_F^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

então:

$$\sigma_F = (4 + 9 + 9 + 9 + 25)^{1/2} = 7,5 \text{ cm}$$

Adicionalmente ao valor, caso não seja efetuada a correção, deve ser considerada a influência da distorção linear acarretada pela projeção cartográfica nas distâncias. Considerando que em uma projeção UTM (BAKKER, 1965), as distorções ocorrem com a variação de latitude e a posição do objeto no fuso, contextualizado de OLIVEIRA, et. al. (2005).

Esses valores apresentados poderão servir de uma referência inicial e razoável para estudos, planejamento e projetos que objetivem a determinação da exatidão posicional no georreferenciamento de parcelas territoriais rurais e principalmente urbanas, considerando que a exatidão posicional difere da precisão relativa por aquela se referenciar aos limites no contexto do território considerado, não da parcela individualmente.

É sabido, no entanto, que a precisão das medidas reflete apenas os erros aleatórios ocorridos durante o processo de medição e, que a existência de um erro sistemático oriundo de qualquer fonte, poderá levar a um valor inexato para o objeto medido considerado, embora a precisão do conjunto de medidas possa atender a um critério de precisão estabelecido. Esse procedimento não serve para garantir o correto referenciamento. Sendo assim, a precisão posicional, dentro de um intervalo de confiança estatística, pode ser garantida apenas a partir de procedimentos métricos que garantam redundância de observações e medidas de controle. Contextualizado segundo SOUZA (2004), a redundância das medidas deve ser considerada mesmo no caso dos levantamentos dos limites do imóvel e não apenas no estabelecimento de pontos de controle; sem redundância não se pode assegurar dentro de um limite de confiança estatística, a correção das coordenadas e principalmente a

homogeneidade do campo de pontos envolvidos no processo. A redundância das observações pode ser conseguida, para o georreferenciamento do ponto - seja ele de qual tipo for (de densificação, de limite, etc.) – efetuando-se medições a partir de dois ou mais pontos de coordenadas conhecidas e com grau de confiança – precisão e exatidão – garantido, sejam pontos da RBMC, de uma rede de referencia estadual ou de uma rede de referência cadastral municipal, desde que forneçam seus respectivos desvios padrão.

3 – POR QUE VINCULAR O CADASTRO DE PARCELAS TERRITORIAIS AO SIRGAS2000

O Brasil tem atualmente três sistemas geodésicos oficiais, e outro tanto extra-oficiais. O trabalho tem como um dos objetivos justificar o uso do sistema geodésico oficial, SIRGAS2000, para georreferenciamento de parcelas territoriais urbanas e rurais, e que estas se apresentem uniformes (seus pontos-limites com a mesma tensão posicional) e hierarquicamente inter-relacionadas, desde os pontos delimitadores de parcela, levantados a partir da Rede de Levantamento, até sua ligação com pontos da rede do novo SGB, SIRGAS2000, que está vinculado ao ITRF2000, conforme escala hierárquica apresentada na FIGURA – 3.1.

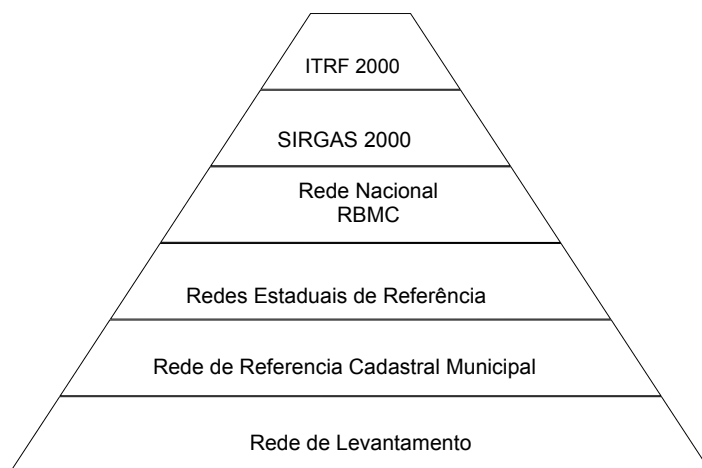


FIGURA 3.1 – HIERARQUIZAÇÃO DE REDES DE REFERÊNCIA

Com a adoção oficial do SIRGAS2000 ao SGB, como planejado no comitê do projeto SIRGAS, haverá um período de transição, de adequação e de convívio entre os atuais sistemas oficiais, no entanto os estudos técnicos e científicos estão desenvolvendo alternativas para que essa transição ocorra sem trauma para o usuário dos produtos georreferenciados.

Contextualizando ROMÃO, et al., (2004) o IBGE argumenta que a utilização do Sistema de Posicionamento Global (GPS) pode melhorar a precisão das coordenadas geodésicas em pelo menos 100 vezes quando comparada com a precisão obtida com os métodos clássicos, passando de 0,5m para uma precisão centimétrica, o que traz inconsistência entre as informações geodésicas clássicas

existentes e os novos levantamentos conduzidos por GPS. Assim, ao se adotar um sistema de referência geocêntrico, a qualidade dos levantamentos realizados com medições GPS será preservada, enquanto que as transformações das coordenadas obtidas por GPS para o sistema SAD-69 produzem discrepâncias¹ de até 65m em média, (IBGE, 2000), FIGURA 3.2.



FIGURA 3.2 – DESLOCAMENTO HORIZONTAL ENTRE O SIRGAS E O SAD69 - FONTE: (IBGE, 2000).

3.1 – Desenvolvimento da Geodésia no Mundo

A necessidade do conhecimento da forma real da terra e de porções limitadas dessa forma, para aplicações diversas, vai desde um primitivo e simples sistema de irrigação de alho por curvas horizontais, às mais avançadas pesquisas de movimento de placas tectônicas da atualidade. Essa afirmação caracteriza que, para cada objetivo existe um desenvolvimento técnico e tecnológico específico e, estudos científicos são continuamente desenvolvidos no sentido da busca por soluções de problemas que nunca se esgotam (SILVA E MENEZES, 2001).

Contextualizando MONICO (2000) e VANICEK (1982), o homem sempre esteve interessado em saber onde se localizava, e com o desenvolvimento da navegação

¹ Discrepância: Definido nesta tese como sendo o vetor resultante do deslocamento de um mesmo ponto representado em sistemas de referência distintos.

marítima alcançou o mundo e isso exigia o domínio da arte de navegar, ou seja, saber ir e saber voltar de um local para outro, o que requeria determinar posições pré ou pós-estabelecidas; essas posições sobre a superfície da terra, denominadas de coordenadas serviam para orientação, e por muito tempo o sol, os planetas e as estrelas foram excelentes fontes de orientação.

Conforme vários autores como GEMAEL (1977), KAHMEN e FAIG (1988) e RAISZ (1969) entre outros, essas necessidades do ser humano remontam de épocas primórdias, a exemplo:

- 275 -194 a.C., Erastóstenes determinou pela primeira vez o diâmetro do Globo terrestre a partir de pesquisa da projeção de sombras efetuadas pelo sol;
- 130 – 50 a. C, Posidônio também determinou o diâmetro da terra, fundamentando sua pesquisa na astronomia estelar (utilizou a culminação da estrela Canopus – α -Arg em locais distintos do mesmo meridiano), a partir da medição de um pseudo-arco de meridiano situado entre Rodes e Alexandria – como hipótese estarem no mesmo meridiano.

Na era cristã o sentido científico sobre o tema continuou, em:

- 90 e 168 D. C, viveu Cláudio Ptolomeu, gera seu Atlas do mundo com 28 mapas, 8000 localidades, foi o autor do famoso Sistema Geocêntrico e implanta os sistemas de projeções;

Daquela época até a atualidade as Ciências Geodésicas se desenvolveu enormemente, técnica e tecnologicamente, tanto em instrumentais como em metodologias. Na atualidade, a cada “step” alcança precisões e exatidões mais significativas na determinação de pontos², e usadas na definição da figura e da forma da terra e de porções da sua superfície, que são definidas através de medições e de observações na superfície física, fora dela, além de utilizar a

² Conforme (Philips, 2002^a), em notas de aula, matematicamente o ponto é definido como sendo as coordenadas de uma posição no espaço. A estrutura física do ponto é limitado metricamente pela estrutura molecular que é da ordem de 10^{-3} cm. Considerando que qualquer objeto é representado pela consecução contígua de pontos, logo não pode ser medido com seu valor exato, filosoficamente é indefinido; fisicamente a medição é limitada pelo equipamento mensurador e pela estrutura física.

influência de outros agentes como, por exemplo, o campo gravitacional. Esse conjunto de ações é responsável pela determinação do modelo de forma ideal para cada finalidade, objetivo de pesquisa e/ou aplicação. A exemplo da recente Guerra do Golfo - denominada também da guerra dos mapas inteligentes, pela utilização generalizada das ciências cartográficas: cartografia dinâmica, SIG, GPS, LASER, etc. (CREMONA, 2004).

O desenvolvimento no mundo ocorreu temporalmente, de acordo com as necessidades, com a tradição e por último, o estímulo a desenvolver novas tecnologias. Na Alemanha, por exemplo, na época de Gauss os estudos geodésicos se desenvolveram significativamente e foi perpetuado porque se criou uma cultura geodésica no país (TORGE, 1991) e, daí, talvez por motivação, o cientista Leibnitz, por exemplo, pesquisou e desenvolveu uma técnica mecânica para cálculos matemáticos.³

Como exemplo pode-se citar a Alemanha que tem uma rede geodésica clássica das mais densas e estruturadas do mundo, e com relação à modernidade, faz parte Comissão Européia e da ESA (European Space Agency) e, particularmente Segundo SEEGER (2004) na geodésia por satélite, o país contribui e participa efetivamente em projetos técnicos e em pesquisas científicas em todo o mundo. Podendo-se destacar as seguintes linhas:

- na geodésia global - forma e gravidade da terra; dimensões de um elipsóide médio para terra; estabelecimento de um sistema global de referencia materializado; conexão entre diferentes Data geodésicos e conexão de Datum nacional com um Datum geodésico global;
- no controle geodésico - estabelecimento de controle geodésico para redes nacionais; instalação de redes homogêneas tridimensionais; análise e melhoramento de redes terrestres existentes; estabelecimento de conexões geodésicas entre ilhas ou com o continente;

³ Desenvolveu máquina mecânica para cálculo.

- na geodinâmica - controle de pontos para movimento da crosta terrestre; monitoramento tridimensional de áreas ativas; movimento do pólo, rotação da terra e marés terrestre;
- nas aplicações utilizando geodésia plana – detalhamento de levantamento plano (registro de terras, levantamentos urbanos e rurais, Sistema de Informações Geográficas (GIS), planejamento, demarcação de limites, etc); instalação de redes especiais de controle para engenharia; controle de pontos terrestre para fotogrametria e sensoriamento remoto; posicionamento e orientação câmaras aéreas em aeronaves; controle e posição de diferentes precisões para monitoramento de florestas e agricultura, arqueologia etc.
- na Navegação e geodésia marinha – navegação precisa na terra, no mar e em veículos aéreos; posicionamento de precisão para mapeamento marinho, exploração, hidrografia, oceanografia, geologia marinha e geofísica; conexão e controle de marés (unificação de sistemas altimétricos);
- no campo da relatividade – determinação da posição e da velocidade para observações geofísicas (gravimétricas, magnéticas, sísmicas), também para o mar e para o ar; determinação do movimento das placas de gelo na glaciologia, pesquisa na Antártica e oceanografia; determinação de órbitas de satélites e tomografia na atmosfera (ionosfera e troposfera), entre outras contribuições.

Além da colaboração significativa dos seus Institutos de pesquisa, laboratórios e dos seus cientistas que contribuirão significativamente no desenvolvimento das pesquisas geodésicas de outros países e continentes⁴.

Atualmente em muitos países desenvolvidos ou em desenvolvimento como o Brasil, existem redes GPS de observações contínuas, entre outras se podem citar:

- CORS – Continuously Operating Reference Stations - Estados Unidos;
- CACS - Canadian Active Control System no ;
- SAPOS – Satellite Positioning Services na Alemanha;

⁴ como é o caso por ex, da contribuição alemã no projeto SIRGAS, podendo-se citar particularmente os consultores científicos alemães Dr. Ing. Hermann Drewes de Munique e o Prof. Dr. Günter Seeber, da Universidade de Hannover – Institut Für Erdmessung.

- RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo;

Cada sistema tem as suas especificidades, finalidades e culturas com relação à disponibilidade ao usuário e aos tipos de serviços prestados.

Segundo Freitas (2005), todos estão inseridos no contexto do GNSS - Sistemas Globais de Navegação por Satélites que é composto, pelos sistemas (GPS – GLONASS – GALILEO)⁵.

Para os próximos anos o foco do desenvolvimento da geodésia satelitária estará direcionado para:

- determinação de alta resolução da gravidade terrestre;
- estabelecimento de uma geração GNSS com os blocos IIR e IIF do sistema GPS e as novas componentes do sistema europeu Galileo;
- refinamento das observações terrestres, por exemplo, com radares de alta resolução e sensores interferométricos em várias plataformas;
- estabelecimento de estações permanentes para prevenção de catástrofes e monitoramento do meio ambiente, e
- atividades conjuntas de desenvolvimento técnico para monitoramento de sistemas integrados de geodésia-geodinâmica, entre outras atividades de relevância e atual para melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

A importância e a necessidade desse conhecimento estão diretamente relacionadas com as atividades geodésicas, topográficas e cartográficas realizadas a partir do estabelecimento de métodos de posicionamento espacial no sentido de adquirir dados georreferenciados nos mais diversos ambientes e, também, no registro das mais diversas características geométricas das feições encontradas nesses ambientes que, ao final do processo, são representadas numérica ou/e graficamente para cada fim. Considerando também que feições e objetos podem se apresentar estática ou dinamicamente em tempo real, com o auxílio da geodésia por satélite

⁵ (GPS denomina-se de NAVSTAR-GPS – NAVigation Satellite with Time And Ranging); GLONASS - Global Navigation Satellite System) e o GALILEO - Constelação de satélites do sistema europeu; foi uma iniciativa da Comissão Europeia e da Agência Espacial Europeia (ESA), e será operacionalizado a partir de 2008 (Seeber, 2004). Foi reprogramado para operacionalizar entre 2010 ou 2011.

interagindo com outras tecnologias, como cartografia, sensoriamento remoto e comunicação, por ex. (SEEBER, 2004).

3.2 – Redes Clássicas (características geométricas, erros)

Posicionamento espacial – Classicamente é definido a partir de um sistema de referência, consiste em determinar valores numéricos (planos ou esféricos) de pontos relativamente a uma referência pré-definida. De acordo IBGE (2003) “Define-se um Sistema de Referência Terrestre a partir do conjunto de parâmetros e constantes que caracteriza, conceitualmente, de uma forma abstrata e ideal, um objeto matemático no qual posições de pontos são expressas”. Pode ser definida genericamente, por uma origem, pelas direções e sentidos axiais - interseção de três planos ortogonais entre si -, uma escala e, em situações de dinâmica de origem (geocêntrico p. ex.), pelo tempo; pode gerar valores numéricos (coordenadas) planos e esféricos⁶ e, especificamente no campo das ciências geodésicas, eleger um geóide de referência, como superfície de referência das altitudes⁷.

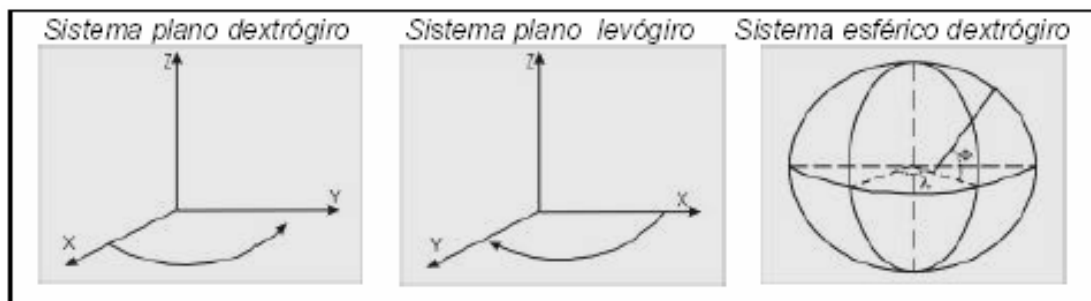


FIGURA 3.3 – SISTEMAS DE REFERÊNCIA

Fonte: (GALDINO et al. 2002).

Classicamente as coordenadas dos pontos situados sobre a superfície terrestre que servem como referências para as aplicações geodésicas, topográficas e cartográficas são determinadas por observações astronômicas. A partir dessas estações de referência são efetuadas as operações geodésicas de medições angulares e lineares, que multiplicam a quantidade de pontos, formando assim, as cadeias ou redes de referência de precisão ou simplesmente um sistema geodésico de referência, (GEMAEL, 1977). A determinação de posições precisas sobre a

⁶ Entenda como valores esféricos àqueles oriundos de uma superfície ou linha curva, definida matematicamente (circular, esférica, por ex.);

⁷ é definido por uma superfície equipotencial particular e não é modelada matematicamente (GEMAEL, 1999)

superfície terrestre através dos métodos clássicos em Geodésia tradicionalmente implica na necessidade de adoção de dois SGRs⁸, um horizontal e outro vertical.

- o SGR vertical ou datum altimétrico, fornece a referência para determinação precisa da componente altimétrica – refere-se a um geóide de referência, normalmente definidos a partir de medições maregráficas e gravimétricas e densificadas a partir de nivelamento geométrico de precisão.
- o SGR horizontal ou planimétricos fornece a referência para determinação precisa das componentes planimétricas; é tradicionalmente definido por um elipsóide e pelo seu posicionamento no espaço; é escolhido de forma a garantir uma boa adaptação com relação ao geóide na região. Os parâmetros definidores desse sistema estão vinculados a um ponto da superfície terrestre denominado de origem ou datum (horizontal). As metodologias de levantamentos utilizadas na materialização desses sistemas clássicos horizontais foram a triangulação, poligonação e trilateração. Esses referenciais eram obtidos através das seguintes etapas:

- da escolha de um sólido geométrico mais adequado à forma física da terra, elegia-se então um elipsóide de revolução sobre seu eixo menor e eram definidos alguns parâmetros de construção: semi-eixos (a = semi-eixo maior, b = semi-eixo menor). O sólido correspondente representará as dimensões da terra de forma aproximada e é sobre ele que vão ser desenvolvidos os cálculos geodésicos.
- da definição do posicionamento e orientação do referencial, feita através das coordenadas do ponto origem; da orientação (azimute de partida) e da ondulação geoidal (separação do geóide com o elipsóide = N) e da definição das componentes do desvio da vertical no ponto inicial. A variação da forma e das dimensões da superfície de referência quando da orientação em relação à terra, implicam em variações das coordenadas para um mesmo ponto na superfície física. A orientação da superfície do elipsóide de referência pode ser local, buscando um melhor ajuste a determinada região ou global para melhor ajustar um continente, por ex. Antes da tecnologia satelital, a determinação do modelo

⁸ SGRs – sistemas geodésicos de referência (Freitas, 2005)

quanto à orientação era restrita ao nível local, não havia possibilidade tecnológica para que permitisse conexão intercontinental. A orientação topocêntrica consiste em estabelecer, a partir de um Datum e efetuado neste, determinações astronômicas da latitude e longitude, bem como a determinação da altitude ortométrica H e do azimute astronômico Az_a de uma base, e a partir desses elementos obterem as respectivas coordenadas geodésicas bem como, o azimute geodésico, e podem ser calculados a partir das seguintes expressões:

$$Az_g = Az_a + (\lambda_a - \lambda_o) \operatorname{sen} \varphi^9$$

$$\xi = \varphi_a - \varphi$$

$$\eta = (\lambda_a - \lambda_o) \cos \varphi$$

Considerando ξ e η respectivamente as componente meridiana e primeiro vertical do desvio da vertical i . A altitude elipsóidica h pode ser obtida por intermédio da forma geral de altitude ortométrica $H = h - \Delta N$ simplificada; onde ΔN é a variação da ondulação do geóide.

Considerando que os valores de ξ , η e ΔN atuam como parâmetros de orientação na forma clássica do estabelecimento de um Sistema Geodésico que são estimados ou simplesmente arbitrados como coincidentes, as latitudes, longitudes, azimutes astronômicos e geodésicos e, superfícies geóidal e elipsóidicas tangenciadas. Obviamente a solução tem geometria fraca (Freitas, 2005), e

- da materialização da rede de pontos (realização) definidos a partir da estação de referência, através de medições angulares e lineares e, a partir daí são efetuados os cálculos geodésicos para as coordenadas.

Sob o contexto global do mesmo autor, na forma clássica de definição de SGR existe a implicação de que, mesmo com a adoção dos mesmos parâmetros definidores de uma superfície de referência, sua orientação acaba sendo diversa para cada uma das regiões consideradas. Observando ainda que diversos modelos elipsóidicos foram adotados como superfície de referência e com orientações

⁹ Equação de Laplace de azimute.

distintas e de diferentes procedimentos nas suas realizações, fornecem coordenadas com valores diferentes para o mesmo ponto. Existe a agravante de que grande parte dessas redes convive no mesmo país ou região e geram conflitos de interpretação, tanto na transformação, definição de limites, como na geração e atualização de bases cartográficas. Os sistemas clássicos de referência terrestre foram adaptados a cada continente e até a cada país devido às limitações científicas, tecnológicas e metodológicas de geodésia em cada época. Sendo assim, podem existir mais de um sistema de referência geodésico para um mesmo país, ou região como é o caso do Brasil, por exemplo.

3.3 - Sistema Geodésico do Brasil

A Fundação IBGE é a instituição brasileira responsável pela Geodésia e pela Cartografia no Brasil, foi designada através do Decreto-Lei 9210/1946, que disciplinou e normatizou a atuação dos órgãos do Estado no campo da Geodésia e da Cartografia, e nessa oportunidade foi estabelecido o Sistema Geodésico Brasileiro – SGB. Posteriormente com o Decreto-Lei nº 243 de 28/02/1967 (IBGE, 2000), designou o mesmo IBGE a fixar diretrizes e bases da Cartografia nacional, bem como baixar portarias que visassem o estabelecimento de um sistema planimétrico único para pontos geodésicos de controle materializados no terreno, para servirem de base ao desenvolvimento das atividades geodésicas e cartográficas (CASTRO, et al. 2001)

O Sistema Geodésico Brasileiro – SGB - clássico foi definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país. Foram determinados por procedimentos técnicos e operacionais de alta precisão - para época - e calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatível com as finalidades a que se destinam (IBGE, 1983); (IBGE, 1999); (BRANDÃO, 2003).

Os componentes do SGB clássico são:

- A rede planimétrica: composta por pontos de coordenadas geodésicas (latitude e longitude) determinadas através de triangulação, trilateração, poligonação ou rastreamento de satélites¹⁰;
- A rede altimétrica: composta por pontos de altitudes ortométricas determinadas por nivelamento geométrico; a rede gravimétrica destinada ao conhecimento do campo gravitacional e do geóide;
- A rede de pontos de Laplace: composta por pontos de coordenadas determinadas através de astronomia de posição.

3.3.1 Sistemas de Referência Adotados no Brasil

Desde a instituição do SGB pelo IBGE em 1946 convivem oficialmente cinco sistemas geodésicos de referência no Brasil:

- *Sistema Córrego Alegre*;
- *Sistema Astro Datum Chuá*;
- *Sistema SAD69*;
- *Sistema SAD69 realização 96*, e
- *Sistema SIRGAS2000*¹¹

Além de alguns sistemas extra-oficiais de referência como WGS84 e Aratu, por exemplo, utilizado pela Petrobrás para estudos e projetos (SANTOS, 2001), entre outros:

a) Sistema Córrego Alegre

Foi o primeiro sistema de referência oficial implantado após a instituição do SGB em 1946 pelo IBGE.

Foram adotados os seguintes parâmetros de definição do sistema:

- Superfície de referência: Elipsóide Internacional de Hayford 1924.
- Semi-eixo maior: 6.378.388 metros.

¹⁰ Na época do decreto 1967, a geodésia brasileira já vislumbrava com a possibilidade da utilização de tecnologia satelital da época, como em Seeber, (2003), Histórico do desenvolvimento da geodésia satelital e (IBGE, 1983).

¹¹ Legalmente instituído a partir do Decreto 5334/2005 através da Resolução do IBGE 01/2005 de 25/02/2005.

- Achatamento: 1/297
- Ponto Datum: Vértice Córrego Alegre - MG.
- Coordenadas:
 - $\varphi = 19^{\circ} 50' 14,91''\text{S}$
 - $\lambda = 48^{\circ} 57' 41,98''\text{ W}$
 - $h = 683,81\text{ m}$
- Orientação elipsóide-geóide no ponto datum:
 - $\xi = \eta = 0$ (componentes do desvio da vertical)
 - $N = 0\text{ m}$ (ondulação geoidal)

Para definição dessa Rede Planimétrica do SGB foram necessários vários ajustes, em função das necessidades a que eram envolvidas. No ajustamento que definiu o Sistema Geodésico de Referência Córrego Alegre, foi adotado o método das equações de condições (método dos correlatos)¹². A escolha do vértice Córrego Alegre para ponto “datum”, bem como, do elipsóide internacional de Hayford para superfície matemática de referência, foram baseadas em determinações astronômicas realizadas na implantação da cadeia de triangulação em Santa Catarina. Verificou-se, na ocasião, que os desvios da vertical na região tinham uma tendência para o leste, ou seja, constatando uma maior concentração de massas a oeste e deficiência das mesmas a leste, concluindo com esse estudo que o “datum” deveria ficar situado na região do planalto.

Para conhecer melhor o geóide na região, foram determinadas 2113 estações gravimétricas na área considerada. As observações tinham por objetivo o melhor conhecimento do geóide na região e proceder com estudos à adoção de um novo “datum”, considerando-se que o de Córrego Alegre fora definido com valores iniciais arbitrários no sentido de forçar a condição de tangência entre elipsóide e geóide.

b) Sistema Astro Datum Chuá

Como resultado das pesquisas, sobre o levantamento gravimétrico da região, foi escolhido um novo ponto “datum”, o vértice Chuá, localizado na mesma cadeia do anterior e, através de outro ajustamento, foi definido um novo sistema de referência,

¹² Aos interessados ver (GEMAEL, 1994)

denominado Astro Datum Chuá. De acordo com (CASTRO, et al. 2001) o Sistema de Referência Astro Datum Chuá, foi definido a partir dos estudos de aprimoramento do geóide na região considerada, serviu como um sistema de transição e provisório para implantação de um sistema único para América do Sul – SAD-69, cujos estudos já estavam bastante avançados.

- Superfície de referência: Elipsóide Internacional de Hayford 1924.
- Semi-eixo maior: 6.378.388 metros.
- Achatamento: 1/297
- Ponto Datum: vértice Chuá - MG;
- Orientação elipsóide-geóide no ponto datum:

$$\xi = \eta = 0 \text{ (componentes do desvio da vertical)}$$

$$N = 0 \text{ metros (ondulação geoidal)}$$

Foi um sistema estabelecido segundo a técnica de posicionamento astronômico com o propósito de ser um ensaio ou referência para a definição do SAD69, já com estudos avançados na época.

Desenvolveu o papel de um sistema transitório para ser utilizado unicamente na uniformização dos dados disponíveis na época (o IBGE tinha recém concluído um ajustamento da rede planimétrica referido a este sistema). Essa realização não representou um sistema de excelência para a América do Sul, faltou uma boa adaptação geóide-elipsóide para que as observações geodésicas terrestres pudessem ser reduzidas à superfície do elipsóide. Sendo assim, na condição de um sistema provisório, as componentes do desvio da vertical foram ignoradas, ou seja, foi assumida a coincidência entre geóide e elipsóide, no ajustamento das coordenadas em Astro Datum Chuá.

c) Sistema SAD69

Foi adotado como sistema de referência oficial no Brasil a partir de 1979, concomitantemente com o sistema Córrego Alegre e Astro Datum Chuá, para algumas regiões, ainda hoje convivem.

O Sistema Geodésico SAD69 tem caráter regional de concepção clássica. A sua utilização pelos países Sul-americanos foi recomendada em 1969 através da aprovação do relatório final do Grupo de Trabalho sobre o Datum Sul-americano, ocorrido na XIª Reunião Pan-americana de Consulta sobre Cartografia. No entanto, essa recomendação foi seguida apenas por alguns países do continente (IBGE, 1983).

Na implantação inicial SAD-69, foram adotados os seguintes parâmetros de definição do sistema:

- Superfície de referência: Elipsóide Internacional de 1967
- Semi-eixo maior: 6.378.160 metros.
- Achatamento: 1/298,25
- Ponto Datum: Chuá - MG

$$\varphi =: 19^{\circ} 45' 41''.6527 \text{ S}$$

$$\lambda = 48^{\circ} 06' 04''.0639 \text{ W}$$

$$Az = 271^{\circ} 30' 04''.05 \text{ (Chuá – Uberaba):}$$

$$H = 763.28 \text{ m}$$

- Orientação elipsóide-geóide no ponto datum:

$$\xi = 0.31''$$

$$\eta = -3.52''$$

$$N = 0 \text{ m}$$

O Projeto do Datum Sul Americano foi dividido em duas partes:

- Estabelecimento de um sistema geodésico tal que o respectivo elipsóide apresentasse “boa adaptação” regional ao geóide;
- Ajustamento de uma rede planimétrica de âmbito continental referenciada ao sistema definido.

Alguns aspectos relevantes em relação ao Sistema SAD69:

- A triangulação foi a metodologia observacional predominantemente adotada no estabelecimento das novas redes;
- Uma rede de trilateração do projeto HIRAN fez a ligação entre as redes geodésicas da Venezuela e Brasil;

- a UGGI recomendou a utilização do GRS67, acarretando melhoria com respeito à forma do elipsóide de referência;
- definido o elipsóide, fixou-se os parâmetros para o seu posicionamento espacial; topocêntricos no ponto origem Chuá;
- foram determinados as componentes do desvio da vertical (ξ, η) e a ondulação geoidal (N), cujos valores serviram para otimizar a adaptação elipsóide-geóide no continente;
- A definição do sistema foi complementada através do fornecimento das coordenadas geodésicas do ponto origem e do azimuth geodésico da direção inicial Chuá-Uberaba;
- Em consequência das limitações impostas pelos meios computacionais da época, a rede brasileira foi dividida em 10 áreas de ajuste, que foram processadas em blocos separados;
- A rede planimétrica continental do SAD69 foi ajustada pela primeira vez na década de 60. Neste ajustamento, cadeias de triangulação de vários países tiveram seus dados homogeneizados, adotando-se o mesmo tratamento;
- Em função da extensão da rede e das limitações computacionais da época, fez-se necessário dividir o ajustamento por áreas;
- Optou-se pelo método de ajustamento conhecido por “*piece-meal*”, no qual uma vez ajustada uma determinada área, as estações das áreas adjacentes, comuns à ajustada, são mantidas fixas, de modo que cada estação da rede só tenha um par de coordenadas correspondentes;
- Este procedimento foi mantido pelo IBGE no processo de densificação da rede planimétrica após a conclusão do ajustamento em SAD69;
- Esta metodologia de densificação foi uma das causas do acúmulo de distorções geométricas (escala e orientação) na rede planimétrica;
- Em alguns trechos da rede, as reduções das observações geodésicas ao elipsóide foram aplicadas através de dados obtidos por mapas geoidais pouco precisos, eram os únicos existentes na época;
- Outro fato que não pode ser ignorado é a diversidade de instrumentos e métodos utilizados no decorrer do estabelecimento da rede, tornando complexa a análise da precisão das coordenadas das estações.

Tendo em vista todos os fatos abordados, aliados aos avanços tecnológicos emergentes, constatou-se a necessidade de um reajustamento da rede, desta vez de forma global, abrangendo todas observações disponíveis até então.

d) Sistema SAD69-96 realização 1996

Como o SAD69 é também um referencial oficialmente adotado no Brasil, neste reajustamento foram mantidos os mesmos parâmetros definidores e injunções iniciais do primeiro ajustamento. Sendo assim, forçosamente manteve-se a mesma denominação para o sistema de referência SAD69 na sua nova materialização após o reajustamento e inserido a extensão 96, assim:

O IBGE é o órgão oficial que possui a atribuição de estabelecer e manter as estruturas geodésicas no Brasil. Foram inseridas mudanças significativas com relação às coordenadas planimétricas nessa década de 90. Inicializou-se procedimentos geodésicos utilizando técnicas de posicionamento através do sistema de satélites GPS, ampliando sua concepção 'planimétrica', pois são estabelecidos simultaneamente os três componentes definidoras de um ponto no espaço. Esta alteração nos procedimentos de campo repercutiu no processamento das respectivas observações, acarretando a necessidade de conduzir ajustamentos de redes em três dimensões. Isso foi alcançado, no caso do reajustamento global da rede brasileira, com a utilização do sistema computacional GHOST, desenvolvido no Canadá para o Projeto North American Datum of 1983 - NAD83 -; contextualizado de IBGE (1999).

Além das observações GPS, as medições referentes à rede clássica também participaram do reajustamento, formando uma estrutura de 4759 estações contra 1285 ajustadas quando da definição do SAD69. A Tabela 2 mostra uma comparação entre as observações utilizadas no ajustamento das duas materializações do SAD69 (a original e a atual, concluída em 1996).

TABELA 3.1 – OBSERVAÇÕES UTILIZADAS: MATERIALIZAÇÃO SAD69 E SAD69-96 - FONTE: ADAPTADO DE (IBGE, 1999)

Observações	SAD69 Materialização original	SAD69-96 Materialização 1996
Estação fixa	1 (Chuá)	1 (Chuá)
Nº de linhas de base	144	257 (triangulação) 1270 (poligonação)
Nº de estações astronômicas	144	389
Nº de direções horizontais	6865	16907
Nº de linhas de base GPS	-	1182
Nº de posições injuncionadas (DOPPLER)	-	179

O reajustamento concluído em 1996 combinou duas estruturas estabelecidas independentemente por diferentes técnicas.

- A ligação entre elas foi feita através de 49 estações da rede clássica observadas por GPS;
- A rede GPS, por ser uma estrutura de precisão superior tem por função controlar a rede clássica;
- Algumas observações Doppler também foram incluídas no ajustamento com o objetivo de melhorar a qualidade posicional.
- Uma das informações de relevância fornecida pelo reajustamento foi o erro absoluto e o desvio padrão das coordenadas; eram valores desconhecidos até então. O que se identificava antes eram os valores estimados em função do método de observações utilizado.

A tabela 3 abaixo apresenta os valores médios dos desvios padrão das estações GPS e da rede clássica.

TABELA 3.2: VALORES MÉDIOS DOS DESVIOS PADRÃO DAS COORDENADAS APÓS O REAJUSTAMENTO. FONTE: ADAPTADA DE (IBGE, 1999)

Precisão	Estações GPS	Estações da rede clássica
Planimétrica	10 cm	40 a 70 cm
Altimétrica	10 a 30 cm	-

Hoje em dia, todos os usuários que solicitam informações ao BDG (Banco de Dados Geodésicos) do IBGE, relativamente ao sistema SAD69-96 recebem, além das coordenadas das estações, os seus respectivos desvios padrão (IBGE, 1999).

Outra observação de relevância sobre os sistemas SAD69 e SAD69-96, é que eles estão sobre a mesma plataforma de referência (base) e, suas coordenadas mudam de valor em virtude das observações adicionais por GPS e de técnicas de ajustamentos empregados, portanto não há parâmetros transformadores entre uma realização para outra, o que existe, na verdade, são distorções entre os dois conjuntos de coordenadas. Estas distorções variam em média 4m, chegando em algumas regiões do NE e Sul a 15m.

e) Sistema SIRGAS2000

Recentemente o Brasil se inseriu oficialmente no contexto do sistema de referência global geocêntrico. Foi definido oficialmente o sistema SIRGAS2000 - em sua realização do ano de 2000,4 - através do Decreto Nº 5334/2005, assinado em 06/01/2005 e publicado em 07/01/2005 no Diário Oficial da União. Dá nova redação ao artigo 21 do Decreto Nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que define as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional¹³. Foi instituído através da resolução Nº 1/2005, assinada em 25/02/2005 pela Presidência do IBGE.

Estabeleceu também um período de transição, de até dez anos, onde o SIRGAS2000 pode ser utilizado em concomitância com o SAD69 para o SGB e com o SAD 69 e Córrego Alegre para o Sistema Cartográfico Nacional - SCN.

São os seguintes os parâmetros definidores do sistema:

Elipsóide de referência: GRS80 com os seguintes parâmetros:

- $a = 6.378.137 \text{ m}$
- $f = 1/298,257222101$
- $\omega_e = 7.292.115 \times 10^{-8} \text{ rad/s}$
- $GM = 3.986.005 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$

¹³ Referência: Dr. Luiz Paulo Fortes (IBGE) por mensagem eletrônica, e o Diário Oficial da União 07/01/05.

Segundo CASTRO et al (2000) e IBGE (2000) o GRS80 é recomendado pelo IAG – Associação Internacional de Geodésia.

Sistema de Referência: WGS84 (G1150) e o ITRF2000 são idênticos na ordem de 1 cm (IBGE, 2003).

O advento dos satélites artificiais, há mais de 35 anos, possibilitou o desenvolvimento prático dos sistemas de referência geocêntricos, como por exemplo, o WGS84 e o ITRFyy¹⁴ em suas mais diversas realizações e densificações.

O WGS84 é a quarta versão de sistema de referência geodésico global estabelecido pelo U.S. Department of Defense (DoD) desde 1960 com o objetivo de fornecer o posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo, através de informações espaciais (MALYS e SLATER,1994). Ele é o sistema de referência das efemérides operacionais do sistema GPS.

Na época de sua criação o sistema fornecia precisão métrica em função da limitação do Doppler, técnica observacional utilizada. Por esta razão, nos últimos anos, uma série de refinamentos foram feitas no WGS84 com o objetivo de melhorar a precisão de sua versão original (NIMA, 1997 apud IBGE, 2000). A rede terrestre de referência do WGS84 foi originalmente estabelecida em 1987, contando somente com coordenadas de estações obtidas através de observações Doppler (posicionamento isolado) e efemérides precisas.

O primeiro refinamento foi obtido através de uma nova materialização do sistema, desta vez com 32 estações (10 estações DoD correspondentes à rede de referência WGS84 original (GPS) e mais 22 estações pertencentes a rede IGS) [SWIFT,1994 apud IBGE, (2003)]. Esta solução recebeu a denominação de WGS84 (G730) (época de referência 1994,0) e foi utilizada nas órbitas operacionais dos satélites GPS de 29 junho de 1994 à 29 de janeiro de 1997. A letra G significa que neste refinamento foi utilizada a técnica GPS e “730” se refere à semana GPS desta solução.

¹⁴ ITRF é desenvolvido pelo IERS (Internacional Earth Rotation Service, um serviço do IAG – Internacional Association of Geodesy); O WGS é desenvolvido por uma agência militar americana NIMA – National Imagery and Mapping Agency.

O segundo refinamento foi um trabalho que envolveu três instituições: NIMA, NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) e Ohio State University. O resultado foi o desenvolvimento de um novo modelo global do campo gravitacional terrestre, o EGM96. Houve uma nova materialização da rede terrestre de referência WGS84 que recebeu a denominação WGS84 (G873); referida a semana GPS 873 (época de referência 1997,0).

Em seguida tem-se a materialização denominada de WGS84 (G1150), que é essencialmente idêntico ao ITRF2000, no limite de 1 cm de precisão. O ITRF fez sua realização utilizando aproximadamente 800 estações, nas suas soluções incluem estimativas de velocidade. O WGS84 (G1150) utilizou 26 estações na sua realização. Suas velocidades não estão disponíveis.

Na Figura 3.4 pode ser vista a evolução das diferenças entre as versões do WGS84 e ITRF.

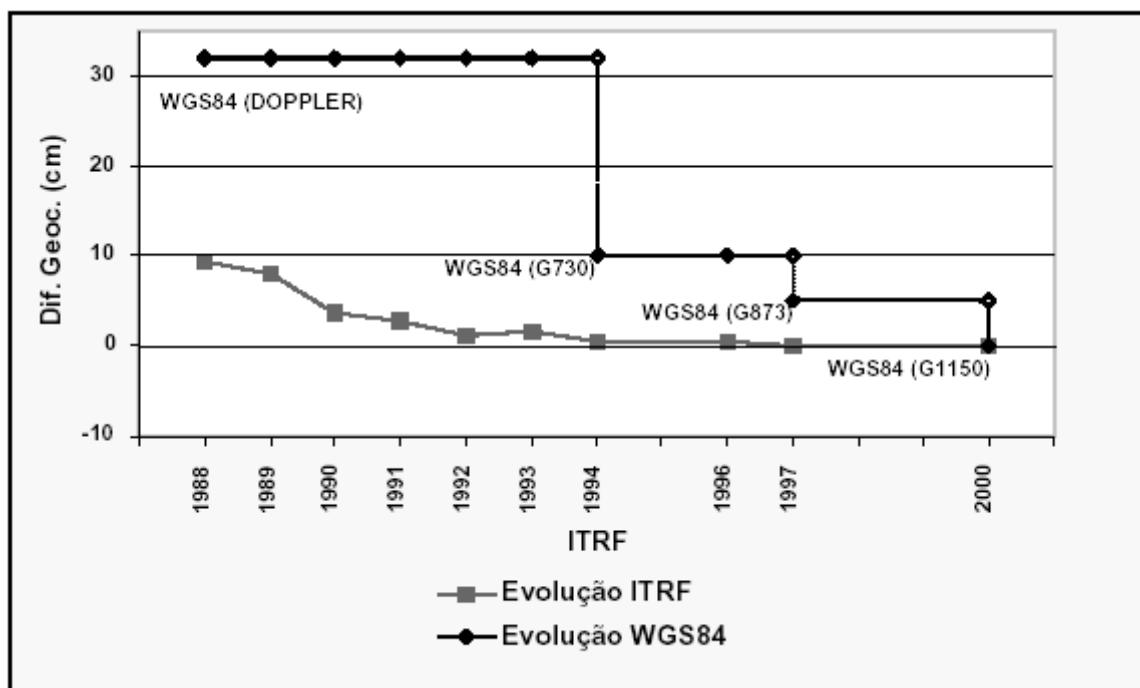


FIGURA 3.4: EVOLUÇÃO DO WGS84 APROXIMANDO-SE DO ITRF AO LONGO DO TEMPO. Fonte: Adaptada de (IBGE, 2003)

O projeto SIRGAS será discutido com detalhes no item 3.4 adiante.

3.3.2 Transformação entre Sistemas de Referência Brasileiros

A obtenção de coordenadas em outros sistemas a partir do SAD69, é fundamentada na Resolução 23 de 21/0289 da Presidência da República, nas resoluções do IBGE, devidamente referenciadas e no relatório do Projeto SIRGAS, também referenciado.

Em decorrência das rotações serem mínimas, e de acordo com IBGE (2000), considerou-se apenas as translações nas transformações dos sistemas. (QUADRO 3.1).

QUADRO 3.1: TRANSFORMAÇÕES ENTRE SISTEMAS DO SGB

<p>Córrego Alegre para SAD69</p> <p><i>Translação em X: -138,70 m</i></p> <p><i>Translação em Y: +164,40 m</i></p> <p><i>Translação em Z: + 34,40m</i></p>
<p>SAD69 para Astro Datum Chuá</p> <p><i>Translação em X: 77,7 m</i></p> <p><i>Translação em Y: -239,0 m</i></p> <p><i>Translação em Z: -5,0 m</i></p>
<p>SAD69 para WGS84</p> <p><i>Translação em X: - 66,87 m</i></p> <p><i>Translação em Y: +4,37 m</i></p> <p><i>Translação em Z: -38,52 m</i></p>
<p>SIRGAS para SAD69</p> <p><i>Translação em X: +67,327 m \pm 0,036 m</i></p> <p><i>Translação em Y: - 3,899 m \pm 0,036 m</i></p> <p><i>Translação em Z: + 38,292 m \pm 0,036 m</i></p>

Particularmente, as transformações WGS84 para Córrego Alegre, Córrego Alegre para WGS84 e SIRGAS Para Córrego Alegre, de acordo com MÔNICO (2000 p.82), para transformar um sistema de coordenadas em outro, é comum dispor-se das coordenadas dos vértices envolvidos. No caso o primeiro passo a ser dado é a conversão das coordenadas geodésicas em cartesianas. Assim não existem

parâmetros para transformar diretamente Córrego Alegre para WGS84 e vice-versa. Para atingir o objetivo deve-se usar uma transformação intermediária via SAD69, por exemplo.

3.4 Projeto SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

O Projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), denominado inicialmente de Sistema de Referência Geocêntrico para América do Sul, foi criado na Conferência Internacional para Definição de um Datum Geocêntrico para a América do Sul, ocorrida de 04 a 07 de outubro de 1993, em Assunção, Paraguai, a convite da Associação Internacional de Geodésia - IAG, do Instituto Pan-americano de Geografia e História – IPGH e da Agência Cartográfica do Departamento de Defesa dos EUA - DMA (atualmente, Agência Nacional de Mapas e Imagens - NIMA). Participaram desta conferência, representantes de cada uma das entidades patrocinadora e de quase todos os países sul-americanos.

Os objetivos iniciais estabelecidos para o projeto SIRGAS, contextualizados de IBGE (2000); IBGE (1999); IBGE (2004); IBGE (2005); OLIVEIRA, SILVA e CELESTINO (2005) foram os seguintes:

- Definir um sistema de referência para a América do Sul;
- Estabelecer e manter uma rede de referência, e;
- Definir e estabelecer um datum geocêntrico.

As metas a serem atingidas foram:

- Alcançar os objetivos definidos em 1997, em coincidência com a Assembléia Científica da Associação Internacional de Geodésia (AIG), excetuando-se àquelas de caráter permanente;
- promover e coordenar os trabalhos de cada país sul-americano destinados aos objetivos definidos;
- estabelecer uma rede de pontos de alta precisão com o Sistema de Posicionamento Global (GPS), de acordo com os objetivos da Resolução nº 2 da

Xª Reunião de Diretores de Institutos Geográficos Sul-americanos (DIGSA) celebrada em La Paz, Bolívia, em 1993;

- concentrar inicialmente a atenção no Datum Horizontal, e;
- facilitar a conexão das redes pré-existentes.

Os participantes da Conferência de Assunção adotaram as seguintes definições para o sistema de referência e o datum geocêntrico para o continente:

- Sistema de referência SIRGAS: IERS (International Earth Rotation Service) Terrestrial Reference Frame (ITRF);
- Datum geocêntrico: eixos coordenados baseados no sistema de referência SIRGAS e parâmetros do elipsóide Geodetic Reference System (GRS) of 1980 (GRS80).

As atividades do Projeto SIRGAS têm sido projetadas no sentido da adoção no continente de uma rede de referência de precisão compatível com as técnicas modernas de posicionamentos, principalmente as associadas ao sistema GPS.

Considerando atualmente a proliferação do uso do GPS, em substituição aos métodos clássicos, cuja precisão é muitas vezes menor, o uso dessa tecnologia satelital implica em economia e agilidade na produção e qualidade do produto. A adoção do ITRF como sistema de referência comum, garante a homogeneização de resultados internamente ao continente e permite uma integração consistente com as redes dos demais continentes, contribuindo cada vez mais para o desenvolvimento de uma geodésia global.

Com relação ao sistema SIRGAS, realização 2000,4 ou sistema de referência SIRGAS 2000, foi estabelecido o período de 10 dias de observações GPS, entre 10 de maio a 19 de maio de 2000, sobre 180 estações distribuídas pelas três Américas. De acordo com LUZ et al (1999 apud IBGE, 2003) o SIRGAS2000 é considerado uma densificação regional do ITRF2000, no continente Americano.

A realização SIRGAS na América do Sul teve o maior número de estações (21) no território brasileiro, FIGURA 3.5, número relativamente maior que na última

realização do ITRS2000 que teve apenas nove estações. Na TABELA 3.3 é apresentada as estações com suas respectivas coordenadas e desvios padrão, assim a realização SIRGAS2000 foi adotada para o projeto SIRGAS.

A realização do SIRGAS2000, corresponde à densificação da realização do ITRF2000 no continente americano, FIGURA 3.5. O ITRF é mais preciso e serve de refinamento do WGS84, atualmente se equivalem ao nível de precisão de um centímetro.

Por ocasião da realização da reunião do Comitê SIRGAS, ocorrida em Santiago do Chile, no período de 21 a 25 de outubro de 2002, a solução final da campanha SIRGAS2000 foi discutida e oficialmente aceita. Esta solução (coordenadas e respectivas estimativas de precisão), foi divulgada no período de janeiro-fevereiro de 2003; previa-se uma precisão (desvio padrão) sub-centimétrica – da ordem de 5 milímetros em cada componente horizontal, e 7,5 milímetros na componente vertical.

Com referência às velocidades necessárias à completa realização do sistema, as mesmas foram divulgadas em 2003. Ressalta-se que a determinação se restringe à América do Sul, consequência de que apenas esta região possui mais de duas realizações SIRGAS.

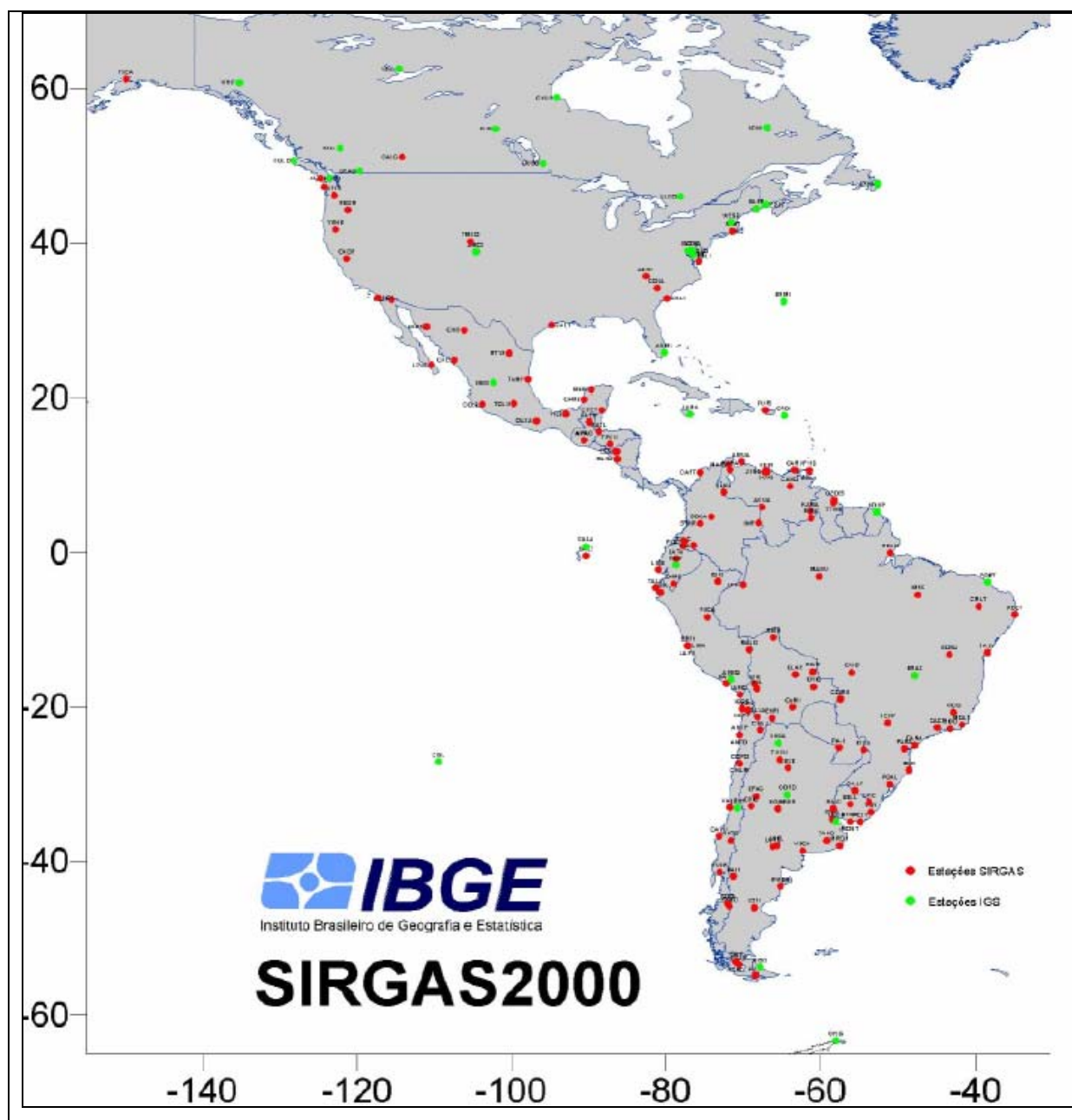


Figura 3.5 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS2000
Fonte: (IBGE, 2005)

A TABELA 3.3 apresenta as coordenadas finais SIRGAS2000 (ITRF2000, época de referência 2000,4), transformadas a GRS80, das estações brasileiras.

TABELA 3.3 – Estações no Brasil do SIRGAS2000 (ITRF2000)

Estações ¹⁵ no BRASIL	Latitude [° ' "]	sigma ["]	Longitude [° ' "]	sigma ["]	Altitude [m]	sigma [m]
BOMJ	S13 15 20,0103	0,0001	W043 25 18,2468	0,0001	419,401	0,002
BRAZ	S15 56 50,9112	0,0001	W047 52 40,3283	0,0001	1106,02	0,001
CAC1	S22 41 14,5337	0,0001	W044 59 08,8606	0,0001	615,983	0,002
CANA	S25 01 12,8597	0,0001	W047 55 29,8847	0,0001	3,688	0,002
CORU	S19 00 01,0131	0,0001	W057 37 46,6130	0,0001	156,591	0,002
CRAT	S07 14 16,8673	0,0001	W039 24 56,1798	0,0001	436,051	0,002
CUIB	S15 33 18,9468	0,0001	W056 04 11,5196	0,0001	237,444	0,002
FOR1	S03 43 34,3800	0,0001	W038 28 28,6040	0,0001	48,419	0,002
FORT	S03 52 38,8046	0,0001	W038 25 32,2051	0,0001	19,451	0,004
IMBI	S28 14 11,8080	0,0001	W048 39 21,8825	0,0001	11,85	0,002
IMPZ	S05 29 30,3584	0,0001	W047 29 50,0445	0,0001	105,008	0,002
MANU	S03 06 58,1415	0,0001	W060 03 21,7105	0,0001	40,16	0,002
MCAE	S22 22 10,3989	0,0001	W041 47 04,2080	0,0001	0,056	0,002
PARA	S25 26 54,1269	0,0001	W049 13 51,4373	0,0001	925,765	0,002
POAL	S30 04 26,5528	0,0001	W051 07 11,1532	0,0001	76,745	0,002
PSAN	S00 03 26,4338	0,0001	W051 10 50,3285	0,0001	-15,506	0,002
RECF	S08 03 03,4697	0,0001	W034 57 05,4591	0,0001	20,18	0,002
RIOD	S22 49 04,2399	0,0001	W043 18 22,5958	0,0001	8,63	0,002
SALV	S13 00 31,2116	0,0001	W038 30 44,4928	0,0001	35,756	0,002
UEPP	S22 07 11,6571	0,0001	W051 24 30,7223	0,0001	430,95	0,002
VICO	S20 45 41,4020	0,0001	W042 52 11,9622	0,0001	665,955	0,002

No Brasil, a maioria das estações que compõem o SIRGAS pertence também à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, facilitando assim uma avaliação temporal do SIRGAS como Referencial dinâmico no Brasil (IBGE, 2000, p.20).

3.4.1 - SIRGAS no Brasil

O projeto SIRGAS, já é realidade para o Brasil, por Lei o sistema de referência geocêntrico SIRGAS, realização 2000,4 ou SIRGAS2000 desde fevereiro de 2005 é o novo referencial geodésico e cartográfico do Brasil conforme Lei já citada nesta tese em 3.3.1.

Ademais, o posicionamento com a utilização do sistema GPS é o mais popular de todos, devido ao fácil acesso e à qualidade obtida, seu emprego atual é muito mais vasto, sendo utilizado em diversas aplicações pela comunidade civil. De acordo com (IBGE, 2000) o sistema de navegação por satélites GPS utiliza o *World Geodetic*

¹⁵ As respectivas cidades e Estado estão na TABELA 3.4

System 1984 (WGS84) como SGR. Desde a disponibilização do GPS para comunidade civil, o WGS84 já passou várias atualizações, mais recente recebeu a denominação de WGS84 (G1150).

A densificação da rede SIRGAS é naturalmente conduzida a partir da conexão das redes geodésicas dos países das Américas. Atualmente a figura geométrica de referência recomendada pela IAG na definição de sistemas é o GRS-80 (*Geodetic Reference System 1980*), sendo considerado idêntico ao WGS84 em questões de ordem prática, como é o caso do mapeamento, por exemplo. As constantes dos dois elipsóides são idênticas, com exceção de uma pequena variação no achatamento terrestre:

$$f_{\text{WGS84}} = 1/298.257223563$$

$$f_{\text{GRS80}} = 1/298.257222101$$

Em termos de coordenadas, esta diferença é da ordem de 0.1mm.

Os critérios para escolha do SIRGAS, entre outros foram: ser global; sua existência e manutenção não dependem apenas de uma única técnica de posicionamento (utiliza GPS, VLBI, SLR, LLR, DORIS)¹⁶ como é o caso do WGS84, restrita somente ao GPS. Com relação às precisões para geodésia e cartografia, na atualidade é irrelevante, conforme evolução de precisões entre o ITRF e WGS84 observado na FIGURA 3.4 retro.

3.5. O Cadastro Brasileiro Vinculado ao SGB SIRGAS2000

Com este sistema novo, agora já adotado oficialmente, o IBGE está se empenhando para que os novos levantamentos geodésicos, topográficos, fotogramétricos, cartográficos, temporalmente e no prazo previsto de dez anos, estejam inseridos no único sistema utilizado no Brasil.

E, com relação à cartografia já executada em outros sistemas até a presente data, procurar-se-á adequá-las, por meio de uma reprodução digitalizada ou rasterizada e incluído aí um canevá ou overlay nos dois sistemas, de modo que o material

¹⁶ VLBI - Very Long Baseline Interferometry; LLR - Lunar Laser Ranging; SLR - Satellite Laser Ranging; DORIS - Doppler Orbitography by Radio-Positioning Integrated on Satellite; GPS.

cartográfico existente continue sendo utilizado. Dependendo da escala de representação, insere-se um carimbo especificando a existência de valores numéricos diferentes para as coordenadas do mesmo ponto e que graficamente não há variação perceptível. Como exemplo, pode-se citar um mapa produzido na escala de 1: 250.000 e que o erro de graficismo considerado seja de 0,2mm, logo corresponderá a uma grandeza de 50m no campo, este valor não é perceptível num ou noutro sistema.

3.6 – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC tem como objetivo oferecer cobertura a todo o território nacional para a aplicação da tecnologia GPS na determinação de posicionamentos dinâmicos. Além disso, com sua integração a International GPS Geodynamic Service permitirá o refinamento das informações geradas pelos satélites GPS para o território brasileiro.

Informações Técnicas: Caracterização:

- As estações da RBMC são materializadas através de pinos de centragem forçada, especialmente projetados, e cravados em pilares estáveis;
- receptores – que coletam e armazenam continuamente observações do código e da fase da onda portadora (L1 e L2), transmitidos pelos satélites GPS;
- as estações são dotadas de: antenas do tipo "choke-ring"; micro-computadores do tipo PC, responsáveis pelo controle da operação automatizada;
- transmissão diária das observações via internet;
- sistema diverso de fornecimento de energia elétrica, que garantem a operação contínua das estações.

As coordenadas das estações da RBMC são outro componente importante na composição dos resultados finais dos levantamentos a ela referenciados. Nesse aspecto, a grande vantagem da RBMC é que todas as suas estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), cujas coordenadas finais têm precisão da ordem de ± 5 mm,

configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo. Outra característica importante da RBMC é que suas observações vêm contribuindo, desde 1997, para a densificação regional da rede do IGS (International GPS Service for Geodynamics), garantindo uma maior precisão dos produtos do IGS – tais como órbitas precisas – sobre o território brasileiro.

A operação das estações da RBMC é totalmente automatizada.

- As observações são organizadas, ainda na memória do receptor, em arquivos diários, correspondendo a sessões iniciando às 00h 01min e encerrando às 24h 00 min (tempo universal), com intervalo de rastreamento de 15 seg.
- depois do encerramento de uma sessão, os arquivos com as respectivas observações são transferidos do receptor para o micro-computador da estação.
- são criados novos arquivos em formato padrão RINEX2, a partir dos quais é realizado um controle de qualidade das observações.
- Encerrando o processo, os arquivos de dados são compactados, e preparação para transferência para o Centro de Controle da RBMC, na Coordenação de Geodésia (Rio de Janeiro), realizada automaticamente, através de linha telefônica ou Internet.
- Essa operação é automática e permite que as observações referentes a uma data qualquer estejam disponíveis para fornecimento no dia seguinte.
- havendo problema na transmissão dos dados, o processo é concluído manualmente, a partir do Centro de Controle, que a qualquer instante pode atuar remotamente sobre o receptor e o micro-computador das estações.

Atualmente encontram-se em funcionamento 20 estações instaladas e operantes através de parcerias e convênios celebradas entre o IBGE, EPUSP, INPE, MMA, CEMIG, SIVAM, Universidades e a NASA - o *Jet Propulsion Laboratory*. Atualmente o raio de ação de cada estação é de aproximadamente 500km, com tendência a melhorar, pois existe interesse de instituições, públicas e privadas, como por

exemplo o INCRA, CEMIG, empresas da área de levantamentos, além da necessidade das mudanças das Leis que regem o cadastro territorial e o georreferenciamento de parcelas territoriais urbanas que ainda avança no sentido de melhorar a qualidade da geometria, posicionamento geográfico e definição única dos limites de propriedade para fins de cadastro e registro.

Seis estações pertencentes ao Projeto SIVAM, na região amazônica estão sendo implantadas, quando estas estações estiverem operando cerca de 80% da região estará recoberta no mesmo padrão do restante do país. (IBGE, 2004). Atualmente a estrutura funcional da RBMC e as respectivas localizações apresentam a seguinte distribuição sobre o território brasileiro, (FIGURA 3.6) e (TABELA 3.4).

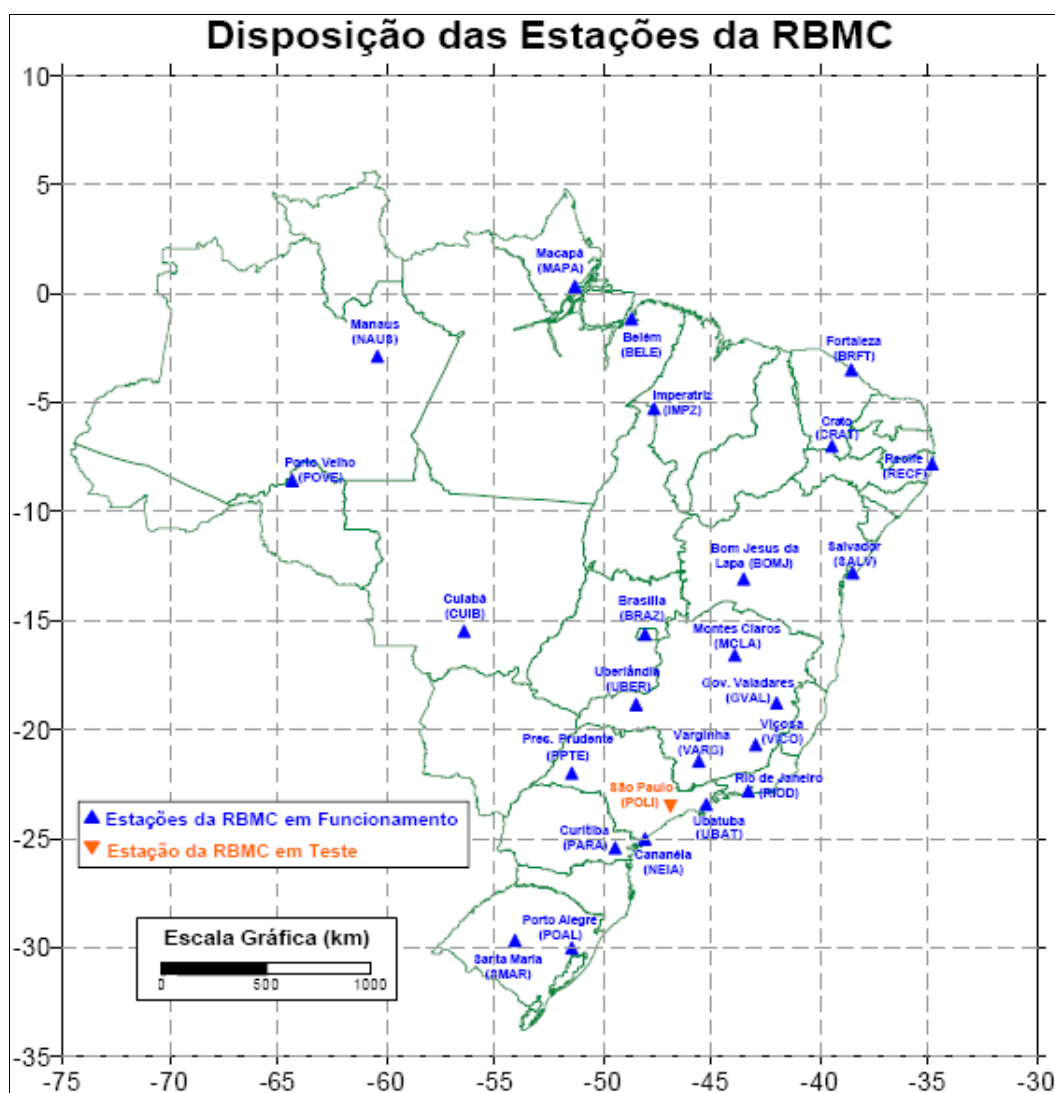


FIGURA 3.6 – REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO – RBMC

Fonte: www.ibge.gov.br – acesso 27.08.06

De acordo com o artigo de ROMÃO et al (2004), no contexto ela afirma que, apesar da enorme vantagem oferecida pela RBMC no posicionamento relativo, as distâncias a serem levantadas podem ser grandes e, considerando o raio de cobertura da RBMC atual, da ordem de 500 km, esse inconveniente pode ser resolvido com o uso de receptores de duas frequências e um bom tempo de observação. E, com o uso de mais de um receptor de duas frequências em campo, mais as estações da RBMC, pode-se implementar redes de referências hierárquicas estaduais e municipais, obviamente seguindo certos critérios pré-estabelecidos. Com relação às redes estaduais, já estão bastante disseminadas e são homologadas pelo IBGE, e, agora, amarradas ao novo SGB, SIRGAS2000 e as redes municipais, denominadas de Rede de Referência Cadastral Municipal - RRCM, cujos critérios são estabelecidos pela NBR 14.166 e, que também estão vinculadas à RBMC, conseqüentemente ao SGB – SIRGAS2000. O próximo item aborda-se as redes estaduais e municipais.

3.7 Rede GPS de Bases Comunitárias – RIBaC

Denominada de Rede Incra de Bases Comunitárias, é uma rede GPS de monitoramento contínuo que utiliza equipamentos rastreadores com apenas uma onda portadora L1. Foi concebida e implantada, inicialmente, para atender os objetivos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, nas atividades de cadastro de parcelas territoriais Rurais. É constituída de 44 estações e distribuídas pelo território brasileiro, implantadas, na sua maioria, nas dependências da Instituição, FIGURA 3.8.

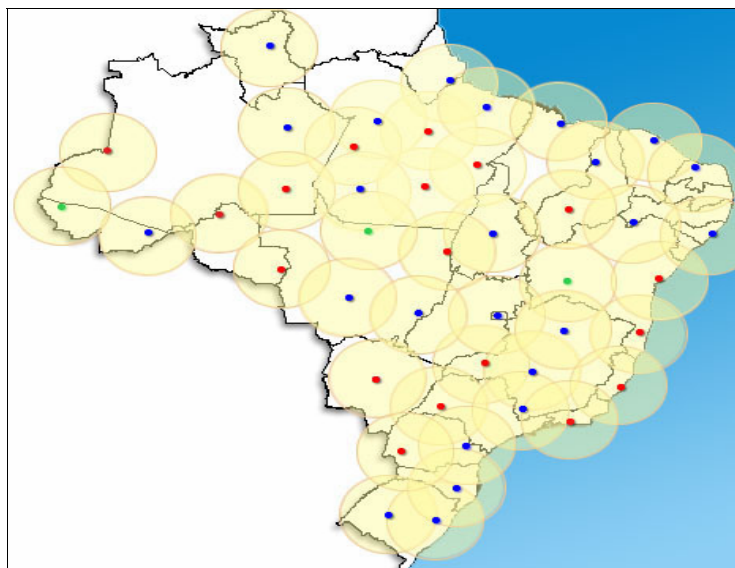


FIGURA 3.8 – REDE RIBaC

Fonte: www.incra.gov.br acesso 26-08-06

Atualmente, para cobrir uniformemente todo território brasileiro, a RIBaC está se expandindo no extremo Noroeste do Brasil com mais 6 estações (FIGURA 3.9).

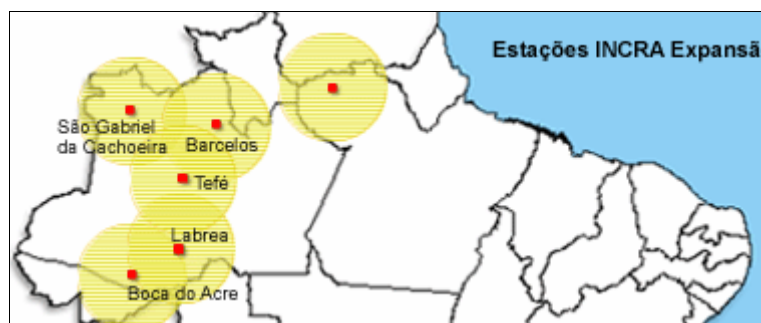


FIGURA 3.8 – REDE RIBaC

Fonte: www.incra.gov.br acesso 26-08-06

Com a regulamentação da Lei 10267-01 e a adoção do novo SGB SIRGAS2000 em 2005, está sendo celebrado um convênio com o IBGE para homologar suas estações e, para isso, está adquirindo equipamentos geodésicos de duas frequências mais acessórios e adequando a estrutura física das suas estações às especificações exigidas pelo IBGE.

3.8 Redes Geodésicas Estaduais GPS

As redes estaduais GPS procuram suprir as demandas atuais emanadas do domínio cada vez mais ampliado das técnicas de observação de satélites do Sistema GPS. Filosoficamente pretende-se, ao estabelecê-las, que o território das Unidades da Federação possua redes altamente precisas, que possam ser facilmente mantidas, e que sirvam de estrutura geodésica básica para quaisquer projetos de uso do território que necessitem de dados de posicionamento (IBGE, 2004).

Diante da necessidade do mapeamento regional em grandes escalas (para fins de cadastro rural e urbano), das facilidades de acesso e de qualidade posicional (precisão e exatidão) da rede de pontos das estações ativas da RBMC e do SIRGAS2000 do novo SGB, alguns estados brasileiros desenvolveram redes de âmbito estadual conectadas à rede nacional, como exemplos, têm-se as redes de: Espírito Santo; Rio de Janeiro; Minas Gerais; São Paulo; Santa Catarina; Paraná; Rio Grande do Sul; Bahia; Mato Grosso; Mato Grosso do Sul, Ceará. Algumas dessas redes estão em fase de homologação pelo IBGE, como é o caso da rede da Bahia.

A FIGURA 3.7 é uma representação dos estados brasileiros que já possuem suas redes GPS estaduais implantadas e vinculadas ao novo SGB.

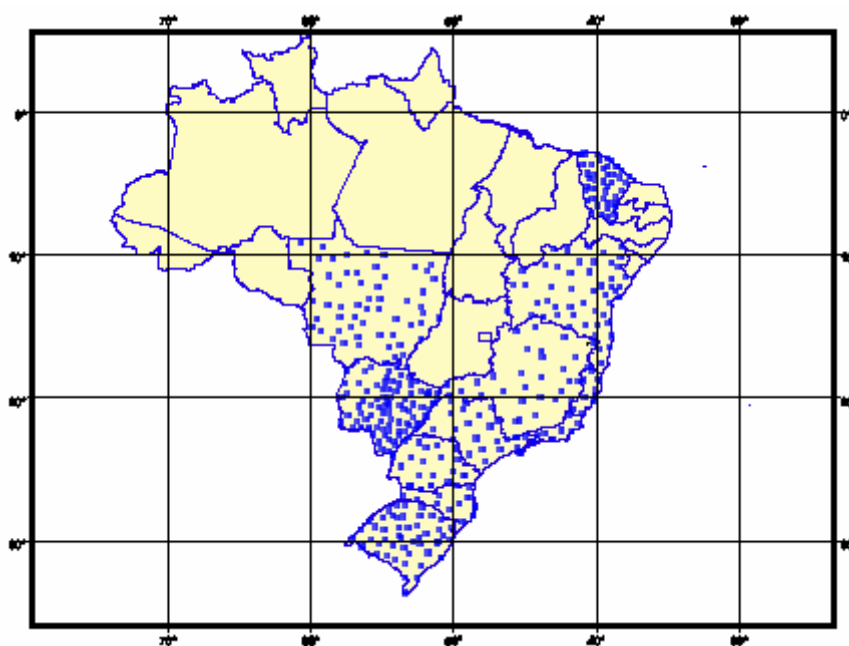


FIGURA 3.7 – DISTRIBUIÇÃO DAS REDES GPS ESTADUAIS
FONTE: (IBGE, 2005)¹⁷

¹⁷ Site < <http://www.ibge.gov.br/> > acessado em 13/05/2005.

3.8.1 Rede de Referência Cadastral Municipal - RRCM

Mesmo diante do esforço de alguns estados para a implantação de redes estaduais de referência, as atividades de cadastro não são bem atendidas por esses sistemas devido ao espaçamento entre estações e as necessidades do mapeamento cadastral de pequenas áreas, em nível de parcela. Tal necessidade somente pode ser atendida com redes de pontos específicos para atender às operações topográficas dos levantamentos cadastrais. Desta forma impõe-se à necessidade de que também os municípios participem do esforço de densificação da rede nacional, através da implantação de redes municipais conectadas em cadeia às redes estaduais e à nacional.

A NBR 14166 de agosto de 1998 define RRCM como sendo:

"A rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializados no terreno, referenciados a uma única origem (SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica, permitindo a amarração e conseqüente incorporação de todos os trabalhos de topografia e cartografia na construção e manutenção da Planta Cadastral Municipal e Planta Geral do Município, sendo esta rede amarrada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), fica garantida a posição dos pontos de representação e a correlação entre os vários sistemas de projeção ou representação"

Segundo a ABNT (1998), as RRCM têm como objetivos:

"Apoiar a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais; amarrar, de um modo geral todos os serviços de topografia visando as incorporações às plantas cadastrais do município; e referenciar todos os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras, como construídas e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários."

Os elementos da RRCM podem ter suas coordenadas planas retangulares determinadas nos sistemas Transversos de Mercator (UTM – RTM – LTM) como no sistema Topográfico Local (NBR 14166 – 1988).

Os marcos geodésicos de apoio imediato devem apresentar uma densidade aproximada de [ponto / 3 Km²], nas áreas urbanizadas e, [ponto / (16 a 50 km²)] nas áreas rurais.

Os levantamentos geodésicos e topográficos para implantação, manutenção e atualização da Rede de Referência Cadastral Municipal devem atender às especificações contidas nas Especificações e Normas Gerais para levantamentos geodésicos - aprovado pela Resolução PR nº 22 - no que se refere aos levantamentos de 2ª ordem relativos aos marcos geodésicos de precisão e aos levantamentos geodésicos de 3ª ordem, relativos aos marcos geodésicos de apoio imediato.

A norma da ABNT apresenta as diretrizes pertinentes à criação, utilização e manutenção das RRCM no âmbito da administração municipal, em consonância com os dispositivos enunciados em leis maiores.

a) – Decreto criando a RRCM trata:

- da responsabilidade institucional para instalação e manutenção da rede;
- da obrigatoriedade de utilização da rede como referência geodésica oficial;
- da proteção dos bens públicos em que se constituem os marcos da rede;
- da publicidade e do acesso para utilização de pontos de referência;
- do fornecimento de dados mediante indenização.

b) – Lei Complementar estabelecendo normas técnicas para:

- implantação da base cartográfica;
- atualização da base cartográfica e;
- disseminação de informações cartográficas.

A Rede de Referência Cadastral Municipal – RRCM deverá ser concebida de tal forma que apresente uma precisão suficiente para poder ser utilizada em todas as

atividades humanas que necessitem ser referenciada na superfície terrestre. A tolerância da definição dos vértices dos lotes e parcelas varia de País para País, em função do desenvolvimento histórico-cartográfico e do valor da propriedade.

No Brasil não existe uma definição do grau de precisão para os pontos de divisa de propriedade em um cadastro. Este assunto carece de um estudo profundo para definir valores de precisão em função do grau de desenvolvimento de cada região.

Alguns pesquisadores apresentam o valor de referência de "10 cm" como tolerância máxima admitida no levantamento de parcelas urbanas. Neste caso, as precisões das Redes Fundamentais, Estaduais, Municipais e de levantamentos deverão possuir valores que, juntamente com outros erros e distorções, não comprometam a precisão final dos levantamentos cadastrais.

A Resolução PR Nº 22 de 21/07/83 – IBGE estabelece as Especificações de Normas Gerais para levantamentos Geodésicos em território Brasileiro.

Segundo ROMÃO (1996) o ponto pertencente à Rede de Referência Estadual deverá ser implantado por metodologia GPS ou equivalente, com a maior precisão possível. O método de ajustamento deverá ser o ajustamento livre. A precisão absoluta destes pontos deve ser de ± 1 a 3 cm.

Os pontos da Rede de Referência Cadastral Municipal deverão ser obtidos por metodologia GPS ou equivalente e ajustados de modo hierárquico à Rede Estadual de Referência, considerada isenta de erros. Os pontos que constituem a Rede de referência Cadastral Municipal devem atingir uma precisão relativa de até ± 3 cm.

3.8.2 Redes Locais de Levantamento

Segundo (Romão et al 2002), quando por razões econômicas ou de outra ordem, uma alta densidade de pontos não possa ser realizada, uma Rede de Levantamento deve ser implantada, preferencialmente por metodologia GPS e ajustada de modo hierárquico à Rede de Referência Cadastral Municipal, considerada isenta de erros, com precisão relativa de até ± 3 cm, deve ser implantada para atender a demanda dos trabalhos geodésicos e topográficos locais do município. São redes geodésicas

desenvolvidas para servirem de apoio a levantamentos específicos de regiões restritas.

As redes locais podem ser desenvolvidas com base nas estruturas hierárquicas, ou seja: os vértices originais poderão ser amarrados a redes de nível nacional, estadual ou municipal.

No caso de redes geodésicas de levantamento para áreas restritas, segundo OLIVEIRA, et al. (2005), após a propagação de erros, chega-se a um valor de precisão semelhante à rede estadual GPS. Esses valores podem ser avaliados “a priori” assim:

- a) σ_1 considerando a precisão da Rede de Referência Estadual ± 3 cm para a latitude e ± 2 cm para a longitude;
- b) σ_2 referente ao erro do equipamento ± 2 cm;

Apresentando uma simplificação da propagação de co-variâncias tomando-as como independentes, tem-se:

$$\sigma = \sqrt{\sum \sigma^2}$$

$$\sigma = \sqrt{3^2 + 2^2} = 3,6 \text{ cm}$$

Devendo ser melhor que 3,5 cm a precisão relativa dos pontos de redes de levantamentos de áreas restritas.

4 – MODELOS DE HOGENEIZAÇÃO

Contextualizando HETTWER (2003), o termo *homogeneização* designa os métodos de processamento para a produção de um volume de dados uniformes, a partir de dados de diferentes origens (GPS, estação total, pontos de rede de referência, entre tantos). Caso esses dados tenham sido codificados para diferentes sistemas de referência, eles deverão ser convertidos para um sistema único a fim de se criar um volume de dados que “se entendam entre si” de maneira uniforme, ou seja, criar um volume só de dados homogêneos. Essa conversão padronizadora, por sua vez, resulta no problema de confiabilidade na vizinhança.

Entenda-se confiabilidade na vizinhança, ou princípio da vizinhança, como, segundo (BRANDÃO, SANTOS FILHO e PHILIPS. 2004), uma regra da geodésia definida na NBR 13.133 (ABNT, 1994) em “que cada ponto novo determinado deve ser amarrado ou relacionado a todos os pontos já determinados, para que haja uma otimização da distribuição dos erros”. Geralmente essa regra não é utilizada nas medições de pontos de detalhes, mas apenas nos pontos da rede de referência. A aplicação do Princípio da Vizinhança nas medições de pontos de detalhes é uma garantia de qualidade desses levantamentos. Na medição cadastral, o Princípio da Vizinhança é aplicado quando todas estremas (linhas de limites) das parcelas territoriais forem medidas de forma a ser possível a determinação da precisão posicional dos pontos que definem cada estrema.

O Princípio da Vizinhança aplicado na medição cadastral garante a consistência e a homogeneidade desse levantamento. A consistência do levantamento cadastral ocorre quando pontos comuns a duas ou mais parcelas apresentam o mesmo valor de posição. A homogeneidade do levantamento cadastral ocorre quando as posições dos pontos de limites de parcelas são determinadas com um valor de precisão posicional dentro de um limite especificado estatisticamente de modo a garantir que a tolerância posicional pré-definida seja atingida.

As eventuais diferenças geométrico-topológicas existentes entre dois volumes de dados conflitantes devem também, em uma homogeneização, serem eliminadas. Além disso, conforme o mesmo autor, as condições geométricas em que os dados originais estão dispostos, como as retas ou os ângulos retos não devem ser afetados pelo processo de homogeneização, ou deverão ser realizadas tão exatas quanto possíveis.

4.1 - Como é Feito na Atualidade

Nas últimas duas décadas, impulsionados pelas modernizações computacionais e pelas tecnologias das geo-medições (GPS, estações totais, teodolitos robotizados integrados, etc.) que geram dados com precisões, origens e referenciais distintos, diferentes sistemas de programas foram desenvolvidos para a execução do problema da homogeneização, entre outros, pode-se citar:

- Métodos que utilizam a técnica da Colocação¹ por MMQ, como DILBNER (1999); MORITZ (1976) e ARGESSEANU (1986);
- Métodos numéricos de homogeneização que utilizam Injunções geométricas e interpolação interativa, observando o “*princípio de vizinhança*” dos dados na vizinhança, como HETTWER (2003);
- Métodos que utilizam otimização de redes, como na pesquisa “Otimisation of Surveying Monitoring Networks” desenvolvida pela University of Nottingham (SILVA A. S. 1996)

Os procedimentos de homogeneização predominantemente seguem um princípio seqüencial, onde os trabalhos são executados em ordem sucessiva. Começa-se com uma transformação concatenada dos dados originais para o sistema de referência desejado, na qual, por meio dessa concatenação os ajustes dos limites são simultaneamente efetuados (HETTWER, 2003).

Assim, para criação de um volume de dados homogêneos são necessários alguns procedimentos prévios:

- Conversão dos volumes de dados originais para um sistema de referência comum;
- Ajuste dos limites das regiões comuns;
- Realização e/ou definição (particularização) das circunstâncias geométricas (se for o caso);

4.1.1 – Colocação por Mínimos Quadrados

Um considerável número de especialistas utiliza a técnica de estimação, conhecida por Colocação por Mínimos Quadrados. Basicamente, sob os critérios do MMQ, como bem sintetiza o Prof. Camil em GEMAEL (1994), a colocação consiste de um processo que combina *ajustamento*, *filtragem* e *interpolação*; a estimativa dos parâmetros X_a pode ser considerada como o ***ajustamento***; a remoção do ruído n das observações como uma ***filtragem*** e; a estimativa do sinal s' , em outros pontos onde não foram realizadas observações, constitui a ***interpolação***.

¹ Ou Collocation, na linguagem internacional.

Neste método, o vetor dos resíduos “V” do modelo matemático para ajustamento pelo método paramétrico na sua forma linearizada, é substituído por duas componentes (“n” e “s”) ²; seja:

$$L_b = A \cdot X_a - V \quad (4.1)$$

Segundo GEMAEL (1994) a fórmula 4.1 acima com os termos s e n, como em 4.2, é uma generalização do modelo paramétrico explicitamente linear, $L_a = L_b + V = AX_a$ onde L_a é o vetor que satisfaz o modelo dependente da escolha de “V”.

Também, conforme COSTA (2003), o modelo básico da Colocação é uma generalização da equação (4.1), dada por MORITZ (1972, p. 7); KRAKIWSKY (1975, p. 60), entre outros, a qual é dimensionada para a aplicação que interesse, e assume a forma:

$$L_b = A_u \cdot X_{a1} + s' + n \quad (4.2)$$

Onde, como já dito, o vetor dos resíduos “V” é substituído pelo vetor do ruído n, além do acréscimo de uma nova grandeza s', que é o sinal, logo:

L_b – vetor das observações;

A – matriz dos coeficientes do modelo 4.2;

X_a – vetor dos parâmetros ajustados;

n – vetor dos ruídos (erros das observações);

s' – vetor dos sinais nos “q” pontos de observação³;

q – número de pontos de observação;

u – número de parâmetros a serem estimados.

Pela equação (4.2), conclui-se que uma observação é formada por três componentes, isto é, uma componente sistemática AX_a e duas componentes aleatórias n e s'.

² Sendo n o erro das observações e s' - o sinal - entendido como as distorções sistemáticas, ambas são componentes aleatórias, uma pode ser filtrada ou extraída e a outra pode ter seu efeito modelado (COSTA, 2003).

³ Segundo GEMAEL (1994, p. 268), a novidade da Colocação está no sinal, que pode ser considerado como a parte não modelada de uma “observação sem erro”. O sinal s' também pode ser interpretado como uma “falha” no modelo matemático.

O geodesta realiza as suas observações, obviamente, em um número limitado de pontos nos quais estão presentes as duas grandezas aleatórias n e s' ; mas o sinal s' também existe em pontos onde não são realizadas as observações e tem caráter contínuo, o que permite a sua utilização em interpolação (GEMAEL, 1994, p. 268). Este método é usado em interpolação (KRAUS et MIKHAIL, 1972); em problemas de transformação de coordenadas em Geodésia e Fotogrametria (MORITZ, 1973; SCHWARZ, 1974; RAMPAL, 1976; CAMARGO et DALMOLIN, 1995), permite a determinação simultânea de posições geodésicas e do campo da gravidade terrestre (MORITZ, 1972); a grande vantagem é que ele permite a combinação de diferentes tipos de dados no mesmo modelo matemático. Aos mais interessados pelo assunto, consultar JAZWINSKI (1970); GELB *et al.* (1974); KRAKIWSKY (1975) e MIKHAIL (1976); GEMAEL (1994); MORITZ (1976) e ARGESSEANU (1986).

4.1.2 - Métodos numéricos de homogeneização que utilizam interpolação interativa e injunções geométricas

A interpolação interativa (terminologia do autor) traduz, no controle da homogeneização, a utilização de construções geométricas fundamentais que relacionam a investigação da qualidade dos pontos na vizinhança e a respectiva interpolação, através da **Triangulação de Delaunay**⁴ e dos **Diagramas de Voronoi**.

- Um diagrama de Voronoi (Figura 4.1) subdivide o espaço \mathbb{R}^2 sobre a base de um volume M de pontos discretos $x_i \in \mathbb{R}^2$ em áreas isoladas de T_i , que são ordenadas de acordo com os respectivos pontos x_i .

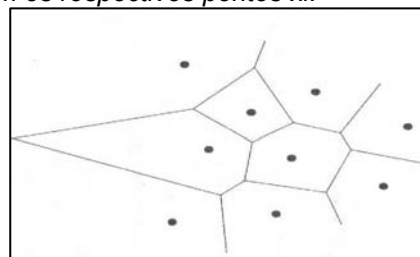


Figura 4.1 Diagrama de Voronoi

A subdivisão é encarada de modo que uma região T_i contenha todos aqueles pontos $x_i \in \mathbb{R}^2$, que ficam próximos a x_i como a cada outro ponto $x_k \in M$, $i \neq k$ [GREEN & SIBSON, 1987; SIBSON, 1980] apud (HETTER, 2003):

$$T_i = \{x \in \mathbb{R}^2 : \|x - x_i\| < \|x - x_k\| \forall k \neq i\},$$

⁴ Uma triangulação de Delaunay é uma rede de triângulos, cujos pontos de ligação são formados pelos pontos $x_i \in \mathbb{R}^2$ de um dado volume de dados M . Os cantos de cada triângulo são dispostos de forma que na periferia de um triângulo não seja mantido nenhum outro ponto de M . Esse critério é descrito na literatura como *empty circumcircle criterion* (critério de periferia vazia) [LAWSON 1997], apud (HETTER, 2003).

contextualizado de LAWSON (1997); GREEN et SIBSON (1987); SIBSON (1980) apud (HETTWER, 2003).

As injunções geométricas para utilização nesse processo de homogeneização, elas são do tipo paralelismo, ortogonalidade, segmento de reta e figura geométrica tipo retângulo; devem ser aplicadas, preferencialmente, após um prévio ajustamento livre de injunções, ou com injunções mínimas, principalmente quando se trata de dados cujas realizações foram efetuadas por tecnologias distintas em épocas diferentes, como é o caso das redes clássicas do SGB e da rede RBMC, que apresentam exatidões discrepantes, da ordem de 100 vezes (ROMÃO, 2002).

Como exemplo de programa eficiente deste método para homogeneização, pode-se citar o programa FLASH, desenvolvido no Instituto de Geodésia Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule de Aachen, na Alemanha. Este programa trabalha com inicialização simultânea, trata toda a seqüência de passos de trabalho em um único modelo de compensação. Desse modo, pode-se efetuar testes de qualidade para a detecção de erros nos dados colocados no fim do programa. Não é necessário, no entanto, dividir os testes em dois momentos – depois da transformação e depois da efetuação da condição. Por motivos de ordem computacional, foi implantado no programa FLASH um procedimento simples para a distribuição das falhas remanescentes – aquelas falhas restantes surgidas nos pontos de injunção.

Segundo HETTWER (2003), a homogeneização de pequenos e médios volumes de dados é um procedimento comum. Este tipo de procedimento poderia aparecer como aplicação nos seguintes problemas:

- Transformação de mapas digitais apresentados em sistemas de referência específicos e, integrando a estes, valores de medições de dados digitais, cujo objetivo é a melhoria da qualidade do conjunto dos dados como um todo;
- Transformação de cobertura superficial de um volume de geo-dados qualquer para um outro sistema da referência mantendo as condições geométricas;

- Integração de grandes volumes de geo-dados de diferentes fontes;
- Continuidade ou manutenção do volume de geo-dados integrados quando da mudança geométrica isolada de parte do volume de dados.

Sobre esses aspectos do programa FLASH, considera-se apenas as aplicações para pequenos volumes de dados; são apresentadas as formulações das sub-tarefas concernentes às transformações e às realizações das condições geométricas (injunções), procedimentos relativamente simples e de fáceis adaptações e que interagem com programas computacionais complementares.

As equações geométricas utilizadas no programa FLASH fazem parte do texto da obra de **Jochen Hettwer**⁵.

4.1.3 - Métodos que utilizam otimização de redes

Para estes procedimentos, disserta-se sobre um pacote de programas abertos, desenvolvido na Universidade de Nottingham e que está contido na obra “Optimisation of Surveying Monitoring Networks” (SILVA, 1996), basicamente, desenvolve otimização e monitoramento de redes de levantamento. Nesse pacote pode ser inserido dados de diferentes origens (GPS, estação total, entre outras), o que se torna bastante interessante para implantação de redes de referência cadastral municipal - RRCM - e melhoria na definição de limites de parcelas territoriais. O programa tem a opção de efetuar ajustamento livre; tem-se particular interesse nesse tipo de ajustamento em virtude do SGB ainda ter vigente no seu sistema, o clássico SAD69, segundo SILVA et ROMÃO (2002):

“Com as modernas tecnologias de medição geodésicas e topográficas (GPS, taqueometria eletrônica, estação total, entre outras) as redes de referência para cadastro municipal, apresentam exatidão superior aos pontos de controle do SGB. Desta Forma, uma rede de referência desta

⁵ Obra “HETTWER, J. Numerische Methoden Zur Homogenisierung Grosser Geodatenbestände. Von der Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation. Veröffentlichung des Geodätischen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen – Nr. 60. Aachen: 2003. 112p”.

natureza deve ser ajustada livremente, independente da rede nacional, sem fixação (sem os erros) das coordenadas dos pontos de amarração do SGB, assim considera-se apenas uma direção e um ponto fixo como injunção interna para posterior transformação à rede nacional, seja ela clássica ou a geocêntrica SIRGAS2000 do SGB. “

O ajustamento livre é aquele em que as restrições ou injunções iniciais (um ponto com coordenadas conhecidas, uma direção conhecida e uma escala) não necessariamente estão presentes. A ausência dessas restrições faz com que o ajustamento, quando resolvido de maneira tradicional, não tenha solução, isto porque a matriz normal ($A^T P A$) torna-se singular, sem condição de ser invertida. Para levantar a singularidade da matriz normal usa-se as injunções supracitadas ou resolve-se o ajustamento com outros métodos, tais como: inversas generalizadas e injunções internas. Para problemas onde há vários tipos de observações: ângulos, distâncias, posições, etc., sugere-se outra abordagem, isto é, o uso de matrizes regulares, com algumas injunções que removam a sua singularidade.

Esboço do modelo matemático: Os elementos que definem um datum de uma rede bidimensional são duas posições, uma escala e uma orientação. Pode-se remover a singularidade da matriz, inserindo-se injunções internas. Esta abordagem tem como base um conjunto de equações de injunções mínimas que descrevem relações funcionais entre as correções das coordenadas aproximadas.

Considerando uma rede plana onde somente ângulos horizontais tenham sido observados. Esta fornece uma rede bidimensional. A matriz de injunções será adicionada às equações de observação. Assim, de acordo com SILVA (1996).

$$R_X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & \dots & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_1 & -X_1 & Y_2 & -X_2 & \dots & Y_n & -X_n \\ X_1 & Y_1 & X_2 & Y_2 & \dots & X_n & Y_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial x_1 \\ \partial y_1 \\ \partial x_2 \\ \partial y_2 \\ \dots \\ \partial x_n \\ \partial y_n \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

onde:

$X_1, Y_1, \dots, X_n, Y_n$ são as coordenadas dos pontos da rede;

$\partial x_1, \partial y_1, \dots, \partial x_n, \partial y_n$ são as pequenas correções diferenciais do valor estimado;
 R é a matriz dos coeficientes;
 x é o vetor das correções.

Relativamente a matriz R dos coeficientes, de (4.3):

- A primeira e segunda linha, referem-se à inunção de posição e são derivadas assumindo a condição de que o centróide da rede permaneça constante. As coordenadas dos centróides dos n pontos são dados por :

$$X_g = \frac{\sum_i^n X_i}{n} \quad \text{e} \quad Y_g = \frac{\sum_i^n Y_i}{n} \quad (4.4)$$

a posição resultante da rede é constante logo:

$$\partial X_g = 0 \quad \text{e} \quad \partial Y_g = 0 \quad (4.5)$$

Implica que a primeira e segunda linha são constantes, logo:

$$\sum_i^n \partial X_i = 0 \quad \text{e} \quad \sum_i^n \partial Y_i = 0 \quad (4.6)$$

- A terceira linha, considera-se a inunção rotacional e é a derivada assumindo a condição de que a média dos azimutes A_{gi} do centróide permanece constante para cada ponto , logo:

$$\tan A_{gi} = \frac{X_i - X_g}{Y_i - Y_g} \quad (4.7)$$

Cuja diferenciação em relação as variáveis resulta em:

$$\partial A_{gi} = \frac{[(Y_i - Y_g)(\partial X_i - \partial X_g) - (X_i - X_g)(\partial Y_i - \partial Y_g)]}{r_{gi}^2} \quad (4.8)$$

Para a condição de que a média dos azimutes permaneça constante, então

$\partial A_{gi} = 0$, logo a equação (4.8) toma o seguinte aspecto:

$$[(Y_i - Y_g)(\partial X_i - \partial X_g) - (X_i - X_g)(\partial Y_i - \partial Y_g)] = 0 \quad (4.9)$$

Considerando as simplificações das equações (4.4) e (4.5), tem-se:

$$\sum (Y_i \partial X_i - X_i \partial Y_i) = 0 \quad (4.10)$$

- A quarta linha refere-se à injeção de escala e é derivada assumindo a condição de que é a média das distâncias do centróide para cada ponto, permaneça constante. Assim, a distância é dada por:

$$r_{gi}^2 = (x_i - x_g)^2 + (y_i - y_g)^2 \quad (4.11)$$

e a respectiva derivada em relação as variáveis é:

$$\partial r_{gi} = \frac{[(X_i - X_g)(\partial X_i - \partial X_g) + (Y_i - Y_g)(\partial Y_i - \partial Y_g)]}{r_{gi}}$$

Considerando as distâncias do centróide ao ponto como constante, então

$$\partial r_{gi} = 0$$

Logo:

Com as mesmas considerações simplistas de (4.4) e (4.5) tem-se:

$$\sum (X_i \partial X_i + Y_i \partial Y_i) = 0 \quad (4.12)$$

O datum da rede é definido pelos valores aproximados de X_i e Y_i .

Com as considerações simplistas das constantes e suas respectivas derivadas o sistema pode ser apresentado da seguinte forma matricial:

$$\begin{bmatrix} A^T W A & R \\ R^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^T W b \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

e tem a solução formada pelo conjunto de equações embutidas nas matrizes:

$$\begin{bmatrix} x \\ k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^T W A & R \\ R^T & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} A^T W b \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

ou da forma:

$$x = (A^T W A)^+ A^T W b \quad (4.15)$$

Considerações relevantes: a equação matricial (4.15) usa a matriz inversa de Moore-Penrose para inverter a matriz normal. O algoritmo que é simbolizado pelo sistema

(4.14) tem se mostrado mais eficiente conforme (Cooper, 1987 apud Silva et Romão 2002).

Optou-se, para inicialização dos procedimentos, pela utilização de programas que dispusessem no seu bojo de cálculos o “ajustamento livre” em virtude, das coordenadas do sistema SAD69 produzirem desvios-padrão comprometedores, comparados com os valores medidos por GPS, como pode ser observado em Silva et Romão (2002).

4.2 Programas Utilizados

Os programas planejados para serem aplicados nesta Tese foram os programas FLASH e KATHOM, desenvolvidos pela Universidade de Aachen - Alemanha - como na publicação do JOCHEN HETTWER (2003), no entanto, em virtude da impossibilidade de acesso livre a esses programas de homogeneização, conforme SEEGER (2004)⁶ como alternativa, foi sugerido utilizar programas abertos e/ou pequenos programas desenvolvidos por nossas instituições de pesquisas que atendessem as condições de diagnósticos para indicar propostas de interpolação e de homogeneização como um dos objetivos centrais desta pesquisa.

4.2.1 - Programas comerciais TRIMBLE e RASCAL

Usados para os cálculos e ajustamentos dos levantamentos GPS no transporte de coordenadas a partir de estações da RBMC para as RRCM dos municípios envolvidos na pesquisa; utilizou-se os programas comerciais GPS-SURVEY e TRIMNET da TRIMBLE; GRAF-Nav e GRAF-Net da Rascal, basicamente para o cálculo do transporte das coordenadas, dos ajustamentos e do controle estatístico das medições GPS na implantação da RRCM de Praia Bela, município de Alhandra - PB; das medições sobre os vértices da RRCM da cidade de João Pessoa – PB e dos levantamentos em Salgadinho – PE, além das medições, no modo cinemático na determinação de frente de lotes em quadras urbanas de João Pessoa – PB.

4.2.2 – Programa ADJUST

⁶ Sugestão alternativa enviada pelo Prof. Seeber (avaliador externo - Universidade de Hnnover - Alemanha) em virtude da impossibilidade de aquisição gratuita, temporalmente desses programas.

Desenvolvido pelo Professor Paul R. Wolf da Universidade de Wisconsin - Madison e pelo Professor Charles D. Ghilani da Universidade Estadual da Pensilvânia, baseado no livro-texto "ADJUSTMENT COMPUTATIONS – Statistics and Least Squares in Surveying and GIS", para atender formalmente os cursos de computação e ajustamento da Universidade da Califórnia - Berkeley e da Universidade de Wisconsin – Madison. É um pacote de programas elaborados BASIC, C, FORTRAN, e PASCAL (WOLF, 1998), direcionado para ensino e pesquisas, é constituído de três módulos – STATS, ADJUST e MATRIX -, cada módulo foi elaborado com subprogramas e de sub-rotinas, de tal maneira que as inserções e particularidades desejadas podem se inseridas, calculadas e testadas particular e interativamente, analisando-se e discutindo-se cada resultado ou produto de cálculo intermediário.

- STATS - é um módulo de programas direcionado às análises estatísticas de modo geral, além de testes de hipóteses e de significância χ^2 -Chi square, *t*-Student's, *F*-Fisher distribution, entre outros.
- MATRIX - Como o programa é voltado para o ensino e pesquisa e dá apoio ao respectivo livro-texto, este módulo foi elaborado para efetuar operações e cálculos matriciais (adição, subtração, multiplicação, transposta, inversa, entre outras) básicos e mais usuais.
- ADJUST - este módulo trata das várias rotinas para ajustamento pelo método dos mínimos quadrados de redes de nivelamento, de triangulação, trilateração, de redes GPS, etc..

Trata também das transformações de coordenadas⁷

- a) Transformação Affin;
- b) Transformação Conforme;
- c) Transformação de Projetiva.

⁷ Transformação de coordenadas é uma relação funcional entre objetos geométricos de dois espaços dimensionais distintos (LUGNANI, 1987 apud CARVALHO, 2003).

Os parâmetros definidores dessas transformações são obtidos através da consideração de superabundância de equações e, nesse caso, é possível um ajustamento por MMQ para melhor estimativa dos parâmetros definidores. Quando, na condição em que ambos os sistemas contém erros de medição, usualmente utiliza-se procedimento mais rigoroso ou o método generalizado do MMQ (método combinado na linguagem clássica de GEMAEL (1994)), neste caso se considera que os dois sistemas contém resíduos.

O método generalizado do MMQ é o mais apropriado para os nossos objetivos, isso por que os dados são obtidos por medições em ambos os sistemas - coordenadas extraídas dos mapas por medições via Autocad num sistema e, coordenadas medidas diretamente em campo (por topografia ou GPS) no outro sistema -, nessa condição tem que quantificar as precisões dos dados em ambos os sistemas (WOLF, 1998).

Para os ensaios efetuados nesta Tese (capítulo 5), a Transformação Conforme - método generalizado por MMQ ou método combinado - mostrou-se mais apropriado.

Assim, a expressão genérica que traduz essa transformação pode ser expressa da seguinte forma:

$$\begin{aligned} X &= ax + by + c \\ Y &= bx + cy + d \end{aligned} \quad (4.16)$$

Onde:

a, b, c, d - são as incógnitas, que embutidas incorporam os parâmetros de transformação (fator de escala, rotação e translações T_X e T_Y)
X, Y, x, y - são valores das coordenadas nos dois sistemas.

A expressão (4.16) pode ser rearranjada assim:

$$\begin{aligned} F &= ax + by + c - X = 0 \\ G &= bx + cy + d - Y = 0 \end{aligned} \quad (4.17)$$

Com as considerações de que (x, y) do sistema objeto e (X, Y) do sistema de referência de controle, contém erros, a equação (4.15) pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} F(x, y, X, Y) &= a(x + v_x) + b(y + v_y) + c - (X + v_X) = 0 \\ G(x, y, X, Y) &= b(x + v_x) + c(y + v_y) + d - (Y + v_Y) = 0 \end{aligned} \quad (4.18)$$

Onde:

v_x, v_y, v_X e v_Y são os resíduos nos dois sistemas.

Considerando ainda que, nos levantamentos do âmbito da geodésia, em geral as funções que relacionam as observações aos parâmetros são não-lineares, a solução, portanto, requer a linearização do sistema pela série de Taylor. Aqui se negligencia os termos de ordem superior a 2ª, assim o sistema de equações é resolvido com um valor inicial através das derivadas parciais em relação a todas as variáveis envolvidas e efetuando interações.

Sejam as seguintes derivadas parciais em relação a cada variável, a partir de (4.16)

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x} &= a & \frac{\partial F}{\partial y} &= -b & \frac{\partial F}{\partial X} &= -1 \\ \frac{\partial F}{\partial a} &= x & \frac{\partial F}{\partial b} &= -y & \frac{\partial F}{\partial c} &= 1 \\ \frac{\partial G}{\partial x} &= b & \frac{\partial G}{\partial y} &= a & \frac{\partial G}{\partial Y} &= -1 \\ \frac{\partial G}{\partial a} &= y & \frac{\partial G}{\partial b} &= x & \frac{\partial G}{\partial d} &= 1 \end{aligned} \quad (4.19)$$

Usando as derivadas parciais de (4.18), uma matriz representando a equação (4.16) para cada ponto, de valor $x = x_0$ e $y = y_0$, pode ser construída. De acordo com WOLF, (1997) tem a forma:

$$\begin{bmatrix} a_0 & -b_0 & -1 & 0 \\ b_0 & a_0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_X \\ v_Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x & -y & 1 & 0 \\ y & x & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} da \\ db \\ dc \\ dd \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & -(a_0x - b_0y + T_x) \\ Y & -(b_0x - a_0y + T_y) \end{bmatrix} \quad (4.20)$$

Para um sistema de equações redundante, como é a maioria dos casos, as matrizes são resolvidas por esse procedimento resumido, adicionando-as às equações

matriciais pertinentes à transformação (WOLF,1997). Os parâmetros de transformação são definidos quando o critério estatístico de aceitação é de 95% .

No CD do software do ADJUST contém o livro texto em edição digital; os exemplos numéricos explicativos do texto estão também nas aplicações do programa tornando o mesmo ágil e versátil para o ensino e pesquisa (WOLF, 1997).

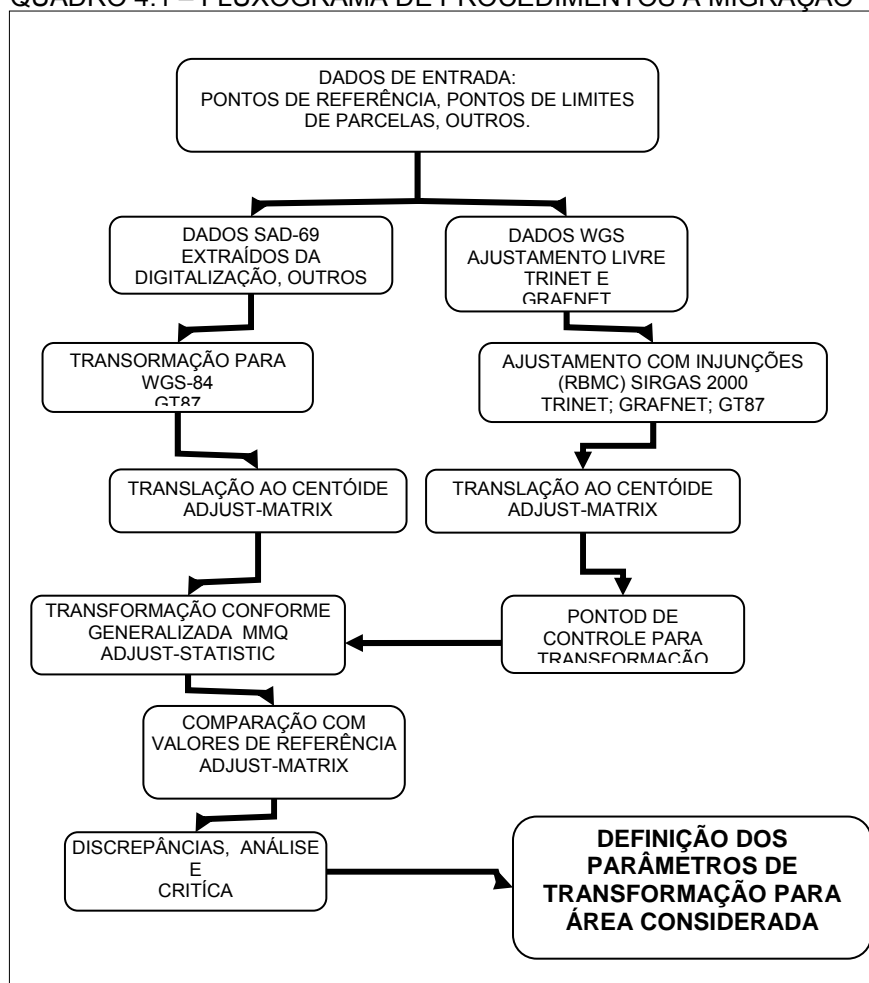
4.3 Transformações – Seqüência de Procedimentos para Migração

Os pontos de uma região que tenham relação com o georreferenciamento ao SIRGAS2000, estão inseridos no contexto do ajustamento livre, do ajustamento com injunções de pontos da RBMC e de fixação de linhas-de-base, como em MÔNICO e SILVA, (2003). Os valores obtidos são submetidos à vinculação através de uma transformação de sistema que interesse (Affim, similaridade ou conforme, etc.) e posterior diagnóstico para homogeneização. Considerando a quantidade de pontos por unidade de área e da extensão do território considerado, há a necessidade de definir um raio de influência⁸ para essa homogeneização; a vinculação deve se dar e a homogeneização deve ter um raio de influência definido, de tal maneira que todos os pontos do raio de ação considerado fiquem com a mesma tensão. Além desse limite, carece efetuar novos estudos e definir novo raio de influência e critérios para homogeneização na área.

No próximo capítulo apresentam-se três experimentos, cada um com a sua especificidade, voltados à vinculação ao SIRGAS2000 e à diagnose para homogeneização. Foram utilizados vários programas e procedimentos de cálculos; a seqüência de operações seguiu a rotina do fluxograma (QUADRO 4.1). No final, as críticas e análises indicaram o melhor resultado ou o resultado mais adequado à vinculação ao sistema de referência (SIRGAS2000 e SAD69) e o raio de ação eficiente para o processo de homogeneização.

⁸ Filosoficamente um único ponto influi no ajustamento de toda rede, seja ela de qual tamanho for (Philips, 2005)
- Informação verbal em conversas de orientação

QUADRO 4.1 – FLUXOGRAMA DE PROCEDIMENTOS À MIGRAÇÃO



5 - TRANSFORMAÇÕES E VINCULAÇÃO AO SIRGAS2000 - ENSAIOS

Para compatibilizar os sistemas geodésicos oficiais utilizados no Brasil, o IBGE promoveu debates e estudos para mudança dos referenciais regionais oficiais do SGB (Córrego Alegre e SAD-69), culminando em janeiro de 2005, com adoção oficial de um referencial global geocêntrico, o SIRGAS2000. Atualmente estuda alternativas de convivência entre esses sistemas oficiais que, de acordo com o Decreto nº 5334/2005 de 06 de janeiro de 2005, que instituiu novo SGB, deverá perdurar até 2015. Com a adoção do sistema geocêntrico pode ser possível garantir a homogeneidade de resultados, tanto no Brasil como no continente sul americano e, ainda permitir a integração precisa entre as redes geocêntricas dos demais continentes, contribuindo com o desenvolvimento geodésico global.

Para realização dessa compatibilização entre resultados nos sistemas global (geocêntrico) e regional, precisa-se estimar parâmetros de transformação entre ambos; esses parâmetros podem ser obtidos (estimados) através de um conjunto de estações de referência cujas coordenadas sejam conhecidas nos dois sistemas e, utilizando um modelo matemático de transformação adequado, como por exemplo, uma transformação de similaridade (3 translações, 3 rotações e um fator diferencial de escala), em termos macro, para o espaço tridimensional como em SEEBER (1993, p. 23, p.11, p.12) e suas considerações. Para o espaço bidimensional é considerado (2 translações, 1 rotação e um fator diferencial de escala) (CARVALHO, 2003). A transformação de similaridade ou transformação conforme, tem como uma das suas características a manutenção da sua forma. É considerada, para a estimativa dos parâmetros de transformação, no caso da superabundância de estações de referência¹, a aplicação do respectivo ajustamento pelo MMQ, usando-se o método paramétrico ou o método combinado², dependendo dos campos de pontos que se esteja medindo, conforme GEMAEL (1994, p.117) e suas considerações relevantes.

¹ Considerando que cada estação de referência fornece duas equações, assim, entenda-se por superabundância de estações, como uma quantidade de estações maior que as necessárias para solução única do sistema de equações; no caso de quatro parâmetros, a quantidade mínima é de 2 estações comuns nos dois sistemas.

² Método Combinado, denominado também de Método Generalizado por MMQ, na linguagem internacional (WOLF, 1997).

A transformação conforme se mostra mais adequada para aplicações cadastrais de uma maneira geral, uma vez que cada parcela territorial tem forma própria e limites contíguos únicos, assim é imprescindível a manutenção da sua geometria para evitar os hiatos e/ou sobreposição que mudem as características geométricas das parcelas e distorções na área e nos limites.

Na presente pesquisa foram efetuados três ensaios, que são aplicações características da problemática brasileira da atualidade, para convivência entre os vários data do SGB até 2015. Depois desse período a produção geodésica e cartográfica deverá ser efetuada apenas no sistema de referência SIRGAS2000.

- 1) Ensaio João Pessoa – PB. Transformação e vinculação ao SIRGAS2000³ a partir do SAD69;
- 2) Ensaio Salgadinho – PE. Transformação e vinculação ao SAD69 a partir do SIRGAS2000;
- 3) Ensaio Praia Bela – Alhandra – PB. Produção já vinculada ao SIRGAS2000 – rotina de procedimentos.

Os ensaios consistem em diagnosticar a inserção de pontos de várias origens em um mapa existente, produzido no SGB (SAD-69 ou Córrego Alegre, que são os mais comuns), e representá-lo preferencialmente no sistema SIRGAS2000. O diagnóstico abrange também a representação do mapa no próprio SIRGAS2000, SAD-69 ou Córrego Alegre, quando os pontos forem medidos em WGS84 – devem ser transformados para o sistema pretendido - e a quantidade e distribuição espacial dos pontos não sejam significativos à transformação para toda região de abrangência, isto é: a propagação do erro produz resíduos incompatíveis com o objetivo desejado e os testes estatísticos e de significância sejam atendidos apenas para uma região limitada.

³ Considera-se no presente trabalho SIRGAS2000 = WGS84, já explicado no capítulo 3.

Para áreas limitadas às dimensões de um mapa cadastral urbano ou rural, as transformações e a vinculação ao SIRGAS2000 ou SAD69 mostraram-se mais eficientes efetuando-se em duas etapas seqüenciais de transformação para respectiva vinculação:

- Na primeira etapa, efetua-se uma transformação macro, de todo campo de pontos, utilizando os parâmetros oficiais do IBGE, de tal maneira que ambos os bancos de coordenadas migrem para mesmo sistema de referência através dessa transformação;
- A etapa seguinte, consiste em efetuar transformações localizadas identificando particularmente cada ponto medido no mapa e seu homônimo medido no campo. Estes pontos servirão de estações de referência para a transformação do sistema, que gerará parâmetros que poderão ser utilizados para transformar, por simples operação de cálculo, qualquer ponto da região considerada.

Para verificar a adequabilidade do procedimento adotado, foram determinadas as discrepâncias existentes entre os valores de referência e os valores transformados, gerando vetores-discrepância. A distribuição espacial, a aleatoriedade e as dimensões desses vetores foram analisadas e criticadas.

Os procedimentos de cálculos, a seqüência de transformações, análises e críticas seguem a rotina apresentada no final do capítulo anterior (figura 14.1).

5.1- Ensaio João Pessoa – PB

Transformação e vinculação ao SIRGAS2000⁴ a partir do SAD69.

Nessa cidade existe desde 1998 o Mapa Urbano Básico Digital de João Pessoa - MUBD-JP. Descrição:

Segundo MUBDJP (1997) e MUBDJP (1998), essa é a Base Cartográfica da Grande João Pessoa, que tem aproximadamente 400 Km² de abrangência, compreendendo os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Conde, Bayeux e Santa Rita.

⁴ Considera-se nesta tese SIRGAS2000 = WGS84, já explicado no capítulo 3.

Para concepção do MUBDJP foi implantada uma RRCM⁵ denominada aqui de rede de referência básica cadastral de João Pessoa, está materializada por marcos de concreto, monumentalizados, na sua maioria, intervisíveis dois a dois;

Objetivos RRCM: às determinações de ordem secundária com fins práticos de:

- a) Fornecer apoio uniforme aos trabalhos de mapeamento;
- b) Fornecer apoio uniforme às obras de engenharia;
- c) Fornecer apoio uniforme à implantação de novos loteamentos;
- d) Permitir atualização uniforme e continuada do mapa digital das sedes municipais, e;
- e) Apoiar espacialmente um núcleo de atualização, georreferenciado, do cadastro técnico e manutenção de cartas básicas e multifinalitárias;

Características técnicas (MUBDJP, 1998).

- *Elaborado por fotogrametria ao nível de lote:*

- o A partir de fotografias aéreas de 1:8000, produzido em escala de 1:2000;
- o Filmes – de base estável, tipo poliéster e emulsão pancromática rápida e de granulometria fina; poder resolutivo de 50 a 125 linhas por mm;
- o Transferência de pontos entre modelos efetuados com agulha de 0,006mm de diâmetro; equipamento WILD PUG IV;
- o Diapositivos, obtidos por cópia de contato dos negativos, com material de baixo coeficiente de dilatação e de boa estabilidade;
- o Executado com restituidor de 1ª ordem, tipo Wild BC-2, sobre uma área aproximada de 400 km²;
- o Pontos de apoio planialtimétrico: para planimetria, utilizam-se marcos de referência da RRCM referidos ao SGB SAD-69 nos extremos da área de ligação entre faixas, e, para altimetria, referenciais de nível do SGB relativos ao Datum Vertical de Imbituba – SC, utilizados para densificação da rede de nivelamento de apoio. Além da utilização desses pontos utilizam-se também pontos fotoidentificáveis para apoio suplementar às operações fotogramétricas, são medidos por tecnologia GPS e transportados a partir da RRCM implantada;

⁵ RRCM – Rede de Referência Cadastral Municipal, é definida a partir de duas ou mais estações de referência, de uma rede GPS, preferencialmente ativa, do SGB, ver capítulo 3.

- o Restituição fotogramétrica na escala de 1:2000;
- o Disponibilizado em meio analógico em poliéster, na escala de 1:2000 compatível com a articulação existente e, em meio magnético, nos formatos compatíveis com os programas de CAD – Maxicad, Autocad, Macrostation, entre outros, e;
- o Atende ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), classe A, constante nas Instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional (MUBDJP, 1997) (MUBDJP, 1998).

- *Implantação de uma RRCM - Rede de Referência Cadastral Municipal.*

- o Constituída de 53 pontos, implantados em marcos de concreto monumentalizados, na sua maioria, intervisíveis dois a dois;
- o implantada a partir da rede de triangulação brasileira do SGB - Datum SAD-69;
- o medida por tecnologia GPS, com equipamento rastreador satélites geodésico - duas frequências L1 e L2, código C/A - executado, calculado e ajustado de acordo com especificações do IBGE e ABNT de 1º ordem - relatórios disponíveis (MUBJP, 1988);
- o a rede está densificada com mais 47 pontos desde 2002, medidas por tecnologia GPS, totalizando uma rede de referência de 100 pontos, transformados para o sistema SAD-69, através dos parâmetros oficiais do SGB.

5.1.1. – Transformação e vinculação - Procedimento

A transformação dos pontos medidos no sistema objeto e sua vinculação ao sistema de referência SIRGAS2000 é efetuada através de um procedimento que consiste de cinco etapas seqüenciais.

- 1ª) Transporte de coordenadas a partir de 3 estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, para quatro estações da Rede de Referência Cadastral Municipal de João Pessoa - **MR28, MR65, MR70, MR68** (MUBDJP, 1998), com medições GPS sobre 4 pontos da RRCM de João Pessoa, efetuadas com 4 rastreadores geodésicos (L1/L2; C/A; código p e sinais de navegação), operados simultaneamente, transportados das estações (RECF, CRAT, SALV) da RBMC do sistema SIRGAS. Os calculados foram efetuados de acordo com recomendações contidas em MÔNICO (2003), em WGS84 considerando este

sistema como sendo o SIRGAS2000⁶ (QUADRO 5.1), os relatórios de cálculos, de ajustamento e transformações estão no ANEXO B, p.01 a p.08.

QUADRO 5.1 – ESTAÇÕES DA RBMC E MR's do MUBD-JP MEDIDOS

Estações medidas a partir das estações de referência da RBMC – SIRGAS2000						
Estações da RBMC SIRGAS2000 (Época 2000,4): disponível em IBGE						
ESTAÇÃO	LAT (S)	σ (m)	LON (W)	σ (m)	h(m)	σ (m)
RECF (Recife -PE)	08° 03'03,4697"	0,001	34° 57' 05,4591"	0,002	20,18	0,002
CRAT (CRATO-CE)	07° 14'16,8673"	0,001	39° 24' 56,1798"	0,002	436,05	0,002
SALV (SALVADOR-BA)	13° 00' 31,2116"	0,001	38° 30' 44,4929"	0,002	35,7600	0,002
Estações da RRCM-JP rastreadas por GPS ajustado ao nível de 2σ						
são valores calculados e ajustados softwares do GPS-SURVEY e Trinet - SIRGAS2000						
MR28	7° 07' 58.07397"	0.076350	34° 51' 33.45610"	0.08328	28.8204	0.678764
MR65	7° 07' 22.25967"	0.068119	34° 51' 59.31662"	0.07048	39.8394	0.599863
MR70	7° 08' 14.11435"	0.045954	34° 52' 20.47197"	0.03894	38.4001	0.358833
MR68	7° 08' 10.02409"	0.031239	34° 53' 08.41752"	0.03436	44.2016	0.428048

2ª) Realização de um levantamento cadastral de parcelas territoriais em nível de quadras e testadas de lotes, medidos por tecnologia GPS, no modo cinemático, a partir da estação de referência MR65, sobre três quadras ao nível de lotes (quadras e lotes), calculados e ajustados - no padrão estatístico de aceitação de 2σ (95%) - com softwares comerciais (Graf-nav-7.0 e Graf-net) ANEXO B – p.9.

3ª) Identificação dos pontos homônimos nos dois sistemas:

- o As quadras a serem levantadas em campo são identificadas, na fase de planejamento, no mapa MUBD-JP pelo grupo de análise e projeto;
- o Após as medições GPS, os pontos limites de frentes de lotes levantados, têm seus homônimos identificados no MUBD-JP através de análise da distribuição espacial do levantamento de campo sobreposto no mapa do MUBD-JP, representados no mesmo sistema de referência e escala e, por proximidade,

⁶ (IBGE oficialmente ainda não autorizou usar os parâmetros precisos do ITRF, realização 2000,4); usa-se o WGS84 que está próximo deste, ao nível de 1cm.

dedução e correlacionamento com os dados dos croquis de campo e relatórios, são definidos;

o A identificação do ponto homônimo com exatidão não é uma tarefa fácil, envolve vários fatores - tanto no sistema de referência de controle como no sistema objeto -, e são de caráter aleatório e/ou sistemático. Entre outros, os que dificultam a exata identificação do ponto, pode-se citar:

- erros decorrentes da fotogrametria na produção do mapa (o tipo de filme; reprodução fotográfica; escala da fotografia; apoio de campo fotogramétrico; qualidade da restituição fotogramétrica e o deslocamento da projeção do ponto sobre o plano fotogramétrico de referência, além da escala da restituição);

- erros decorrentes do levantamento de campo (precisão do equipamento utilizado; precisão do levantamento de campo, acuidade visual e operacional, exatidão na identificação da feição levantada);

- erros decorrentes da mudança temporal da feição topográfica no espaço físico (árvores, edificações, construções, demolições) e sua correspondente representação no mapa;

- erros decorrentes da diferença entre a representação do objeto sobre o plano de projeção fotogramétrico no mapa e do seu correspondente, no levantamento de campo por visadas topográficas, entre outras.

o Foram medidos 47 pontos, dos quais 28 conseguiram-se identificar os respectivos homônimos no mapa do MUBD-JP (no anexo B – p.9 – os pontos em azul são os homônimos identificados);

4ª) Após a identificação dos 28 pontos homônimos no MUBDJP, mais os 4 MR's – marcos de referência - da RRCM, relatados em MUBDJP (1998), representados no sistema em SAD-69, foram transformados para o sistema comum WGS-84,

através dos parâmetros oficiais do SGB, com vistas à transformação localizada (ANEXO B p.11 e p.12).

5ª) Transformação do Sistema de Referência localizado:

Para transformação entre o sistema objeto (do mapa) e o de referência SIRGAS2000, foi utilizado software ADJUST (WOLF, 1997), e adotada uma *Transformação Bidimensional Conforme Generalizada* ou o método Combinado (GEMAEL, 1994). Este procedimento mostrou-se mais indicado para o caso, leva em conta que os dois campos de pontos (de referência e objeto) são medidos, logo contém resíduos (medem-se no mapa por AUTOCAD e medem-se no campo por GPS).

Para definição dos parâmetros de transformação para área, utilizou-se 14 pontos, dos 28 identificados. São apresentadas nos quadros 5.2 e 5.3, as relações dos pontos de controle, com suas respectivas precisões métricas, nos dois sistemas para determinação dos parâmetros de transformação.

QUADRO 5.2 – PONTOS HOMÔNIMOS DE CONTROLE (LEVANTAMENTO)

Medições GPS – WGS84 deslocadas para o centróide				
PTO.	Coordenada E(m) = X	Coordenada N(m) = Y	Precisão σ_E (m)	Precisão σ_N (m)
P006	429.1470	494.8649	0.06	0.06
P007	438.7282	492.2173	0.06	0.06
P008	448.0072	489.6385	0.06	0.06
P009	457.9263	486.9261	0.06	0.06
P010	467.6375	484.2384	0.06	0.06
P013	491.2340	507.5670	0.06	0.06
P018	500.8178	536.7682	0.06	0.06
P019	489.1834	539.8850	0.06	0.06
P020	483.0940	541.4582	0.06	0.06
P021	473.2309	544.0611	0.06	0.06
P022	463.8616	546.5081	0.06	0.06
P037	514.1467	578.3380	0.06	0.06
P041	512.0923	611.5946	0.06	0.06
P043	492.9844	617.1141	0.06	0.06

A seguir dados do mapa MUBD-JP medidos por Autocad. (QUADRO 5.3)

QUADRO 5.3 – PONTOS HOMÔNIMOS DE CONTROLE (MUBD-JP)

Medições MUBD-JP - WGS84 - deslocadas para o centróide				
PTO.	Coordenada E(m) = X	Coordenada N(m) = Y	Precisão σ_E (m)	Precisão σ_N (m)
P006	430.568	495.092	0.08	0.08
P007	440.169	492.464	0.08	0.08
P008	449.398	489.915	0.08	0.08
P009	459.359	487.175	0.08	0.08
P010	468.938	484.534	0.08	0.08
P013	492.569	507.882	0.08	0.08
P018	502.138	536.574	0.08	0.08
P019	490.528	539.682	0.08	0.08
P020	484.549	541.293	0.08	0.08
P021	474.617	543.962	0.08	0.08
P022	465.148	546.505	0.08	0.08
P037	515.678	577.953	0.08	0.08
P041	513.548	611.353	0.08	0.08
P043	494.268	617.024	0.08	0.08

Observem que esses valores de coordenadas não correspondem aos valores integrais das coordenadas UTM-WGS84, eles estão deslocados para as proximidades do centróide da área de trabalho e, justifica-se essa operação devido a origem Este e Norte na representação UTM do SGB utilizarem números muito grandes na sua origem ($N = 9.000.000$ m e $E = 600.000$ m), em relação aos levantamentos cadastrais urbanos que utilizam valores relativos muito menores - alguns metros -, podendo acarretar com isso, matrizes mal-condicionadas ou propagação de erros equivocados (FIGURA 5.1).

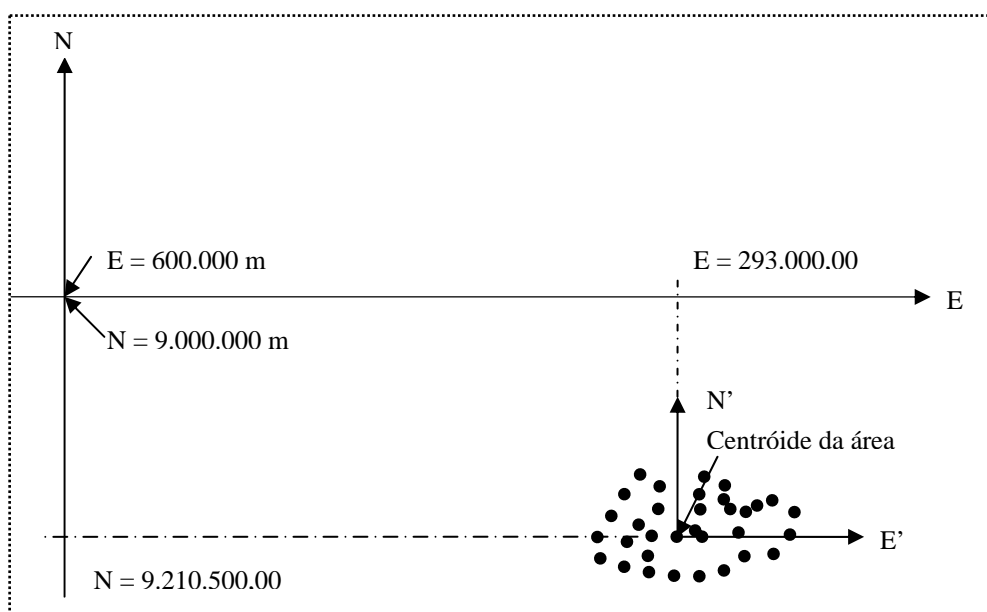


FIGURA 5.1 – DESLOCAMENTO PARA O CENTRÓIDE DA ÁREA

Os parâmetros de transformação obtidos a partir desses pontos de controle e que satisfizeram os critérios estatísticos de aceitação no nível de 95%⁷, são apresentados a seguir (QUADRO 5.4).

QUADRO – 5.4: PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO

a = 1.00321 ± 0.00066	t-value: 1527.87 (rotação e escala)⁸
b = 0.00187 ± 0.00066	t-value: 2.84 (rotação e escala)
Tx = -1.923 m ± 0.471m	t-value: 4.08 (translação em X = E)
Ty = -2.621m ± 0.471m	t-value: 5.56 (translação em Y = N)
Rotação = 0°06'23.5"	
Escala = 1.00321482	

Os relatórios com os respectivos cálculos encontram-se no ANEXO B - p.14;

o Um campo de pontos medidos no MUBD-JP é transformado ao novo sistema com os parâmetros definidos a partir da transformação conforme generalizada do MMQ (14 pontos) e da distribuição espacial adequada dos pontos de controle sobre a área. As coordenadas transformadas para o sistema localizado são apresentadas com suas respectivas precisões no QUADRO 5.5;

⁷ (t-student's) distribuição t de Student's, é recomendada para determinar o intervalo de confiança de uma população média quando a amostra é pequena; é também usada no teste de hipótese para checar a validade de uma amostra média, porém com uma população média.

⁸ a, b, c, d - são as incógnitas que embutidas incorporam os parâmetros de transformação (fator de escala, rotação e translações T_x e T_y)(WOLF, 1997).

QUADRO - 5.5: COORDENADAS UTM-WGS84 do MUBD-JP TRANSFORMADAS

Coordenadas do MUBD-JP após transformação "CONFORME GENERALIZADA POR MMQ"				
Pto	E(m)	N(m)	$\sigma(E)$ m	$\sigma(N)$ m
P02	293415.619	9211029.554	0.647	0.647
P06	293429.105	9210994.865	0.638	0.638
P07	293438.742	9210992.246	0.640	0.640
P08	293448.006	9210989.706	0.642	0.642
P09	293458.004	9210986.976	0.644	0.644
P10	293467.618	9210984.344	0.647	0.647
P11	293482.182	9210980.360	0.650	0.650
P13	293491.282	9211007.811	0.662	0.662
P18	293500.828	9211036.613	0.674	0.674
P19	293489.175	9211039.710	0.672	0.672
P20	293483.174	9211041.315	0.671	0.671
P21	293473.205	9211043.974	0.668	0.668
P22	293463.701	9211046.507	0.666	0.666
P23	293449.935	9211047.600	0.663	0.663
P24	293435.063	9211047.512	0.658	0.658
P28	293456.146	9211063.156	0.670	0.670
P30	293475.646	9211047.752	0.670	0.670
P33	293504.584	9211047.924	0.680	0.680
P35	293508.193	9211047.944	0.681	0.681
P36	293511.403	9211069.478	0.689	0.689
P37	293514.334	9211078.151	0.693	0.693
P41	293512.135	9211111.654	0.705	0.705
P42	293502.287	9211114.595	0.703	0.703
P43	293492.783	9211117.307	0.701	0.701
P44	293483.037	9211120.088	0.699	0.699
P45	293473.521	9211122.797	0.697	0.697
MR28	294666.542	9211159.656	1.266	1.266
MR65	293863.871	9212258.826	1.368	1.368
MR70	293222.356	9210656.822	0.504	0.504
MR68	291745.073	9210773.952	0.963	0.963

◦ Efetua-se a comparação entre os valores dos pontos medidos no mapa MUBD-JP transformados com os valores medidos em campo, ambos representados no sistema WGS-84, daí quantificado as discrepância entre esses valores (QUADRO 5.6). ΔE e ΔN são as discrepâncias entre o valor original (levantado por topografia/GPS) e o valor transformado para este sistema a partir das medições efetuadas no mapa MUBD por AutoCad.

QUADRO - 5.6: DISCREPÂNCIAS DA TRANSFORMAÇÃO LOCALIZADA

PTO	Medido por gps/top		transformado do mapa		DISCRE	PÂNCIA	σ_E	σ_N
	E (m)	N(m)	E (m)	N(m)	$\Delta E(m)$	$\Delta N(m)$	(m)	(m)
P002	293415.8351	9211030.3940	293415.619	9211029.554	0.216	0.840	0.647	0.647
P006	293429.1470	9210994.8649	293429.105	9210994.865	0.042	-0.000	0.638	0.638
P007	293438.7282	9210992.2173	293438.742	9210992.246	-0.014	-0.029	0.640	0.640
P008	293448.0072	9210989.6385	293448.006	9210989.706	0.001	-0.068	0.642	0.642
P009	293457.9263	9210986.9261	293458.004	9210986.976	-0.078	-0.050	0.644	0.644
P010	293467.6375	9210984.2384	293467.618	9210984.344	0.019	-0.106	0.647	0.647
P011	293483.4792	9210977.4220	293482.182	9210980.360	1.297	-2.938	0.650	0.650
P013	293491.2340	9211007.5670	293491.282	9211007.811	-0.048	-0.244	0.662	0.662
P018	293500.8178	9211036.7682	293500.828	9211036.613	-0.010	0.155	0.674	0.674
P019	293489.1834	9211039.8850	293489.175	9211039.710	0.008	0.175	0.672	0.672
P020	293483.0940	9211041.4582	293483.174	9211041.315	-0.080	0.143	0.671	0.671
P021	293473.2309	9211044.0611	293473.205	9211043.974	0.026	0.087	0.668	0.668
P022	293463.8616	9211046.5081	293463.701	9211046.507	0.161	0.001	0.666	0.666
P023	293449.8451	9211050.3363	293449.935	9211047.600	-0.090	2.736	0.663	0.663
P024	293435.5896	9211054.1399	293435.063	9211047.512	0.527	6.628	0.658	0.658
P028	293448.1653	9211065.0573	293456.146	9211063.156	-7.981	1.901	0.670	0.670
P030	293475.5814	9211057.1382	293475.646	9211047.752	-0.065	9.386	0.670	0.670
P033	293501.5969	9211049.5752	293504.584	9211047.924	-2.987	1.651	0.680	0.680
P035	293508.1703	9211060.0401	293508.193	9211047.944	-0.023	12.096	0.681	0.681
P036	293510.9995	9211068.8143	293511.403	9211069.478	-0.404	-0.664	0.689	0.689
P037	293514.1467	9211078.3380	293514.334	9211078.151	-0.187	0.187	0.693	0.693
P041	293512.0923	9211111.5946	293512.135	9211111.654	-0.043	-0.059	0.705	0.705
P042	293502.4918	9211114.3817	293502.287	9211114.595	0.205	-0.213	0.703	0.703
P043	293492.9844	9211117.1141	293492.783	9211117.307	0.201	-0.193	0.701	0.701
P044	293483.3742	9211119.7979	293483.037	9211120.088	0.337	-0.290	0.699	0.699
P045	293473.6721	9211122.5118	293473.521	9211122.797	0.151	-0.285	0.697	0.697
MR28	294662.5780	9211156.8960	294666.542	9211159.656	-3.964	-2.760	1.266	1.266
MR65	293864.5240	9212254.0290	293863.871	9212258.826	0.653	-4.797	1.368	1.368
MR70	293221.7580	9210658.2420	293222.356	9210656.822	-0.598	1.420	0.504	0.504
MR68	291749.8960	9210777.9130	291745.073	9210773.952	4.823	3.961	0.963	0.963

Estão representados, em forma de vetores-discrepância, a distribuição espacial das discrepâncias entre o sistema medido e o sistema transformado, ambos em UTM-WGS84.



FIGURA 5.2 – MAPA DOS VETORES-DISCREPÂNCIA (JP)

5.1.2 – Considerações relevantes sobre o ensaio João Pessoa

- A precisão média obtida, usando esses parâmetros de transformação, para pontos levantados por Autocad, é da ordem do decímetro, variando de 6 a 12 dm, (QUADRO 5.6). São valores otimistas levando em consideração que a produção cartográfica obtida por fotogrametria e daí levada ao meio digital, que têm os pontos de interesse medidos no mapa por um operador humano, propaga o erro sistemática

e aleatoriamente. Esses fatores, entre outros já mencionados, acarretam propagação de erro que não pode ser controlado e reflete a não fidelidade da correspondência entre o mapa e o levantamento de campo (figura 5.3).

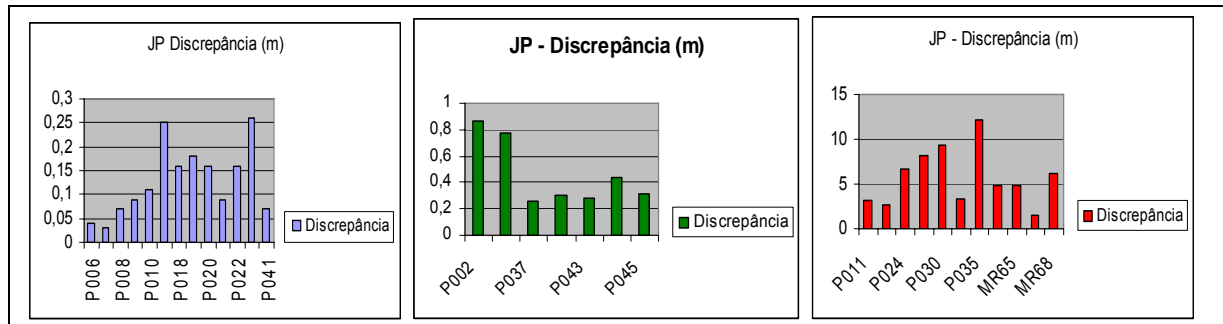


FIGURA 5.3 - DISCREPÂNCIAS ENTRE OS SISTEMAS – JP.

- O gráfico dos vetores (FIGURA 5.2) mostra a dimensão e a distribuição geográfica das discrepâncias. Esses vetores, suas amplitudes, direções e sentidos estão distribuídos sobre a área da seguinte maneira:

- o Na parte norte, os vetores são da ordem de 30 cm no sentido sudeste;
- o No lado sul, a maioria dos vetores é de poucos centímetros - 3 a 5 -, e desenvolvem-se também no sentido sudeste, e,
- o Na parte central da área houve as maiores variações, indo de poucos centímetros - 2 a 3 - até a ordem de metros, com sentido tendendo, na maioria, para noroeste.

Observa-se que esses valores homônimos, transformados e ajustados com critério de significância, apresentam valores variáveis, indo de 2 cm a 12 metros em um caso. É claro que aí estão embutidos os resíduos propriamente ditos e os erros grosseiros, portanto, carecendo de filtragem; e para estimativa de valores para outros pontos, pode-se efetuar interpolação, caracterizando a necessidade de homogeneização por Colocação, como visto em 4.1.1.

- A medição no mapa não corresponde exatamente à feição do objeto medido no levantamento de campo, isso acarreta uma identificação quase-homônima que, para fins de obtenção dos parâmetros transformadores, vai refletir na precisão da transformação – através dos níveis de significância estatística - e na determinação e abrangência dos parâmetros transformadores.

- O mapeamento cadastral de João Pessoa já existe, não pode ser alterado, cabe com esse procedimento, identificar as discrepâncias entre os pontos de um sistema de referência de controle e de um sistema transformado, utilizar esses pontos transformados respeitando essas limitações de qualidade; ou na possibilidade de um procedimento de homogeneização redistribuir e redimensionar essas discrepâncias e essas precisões.
- Dos vários testes efetuados neste experimento, observa-se que existe uma grande perda de pontos para transformação e de referência, na ordem de 50%. Os pontos medidos em campo e seus homônimos na planta não são identificados com precisão e certeza; desses pontos identificados como homônimos, 50% se prestam para servir de referência de controle. Por exemplo, no ensaio João Pessoa, foram levantados 47 pontos no campo, mais 4 estações da RRMC; desses apenas 28 foram identificados seus homônimos e apenas 14 se prestaram para transformação com qualidade estatística de aceitação (FIGURA 5.4).

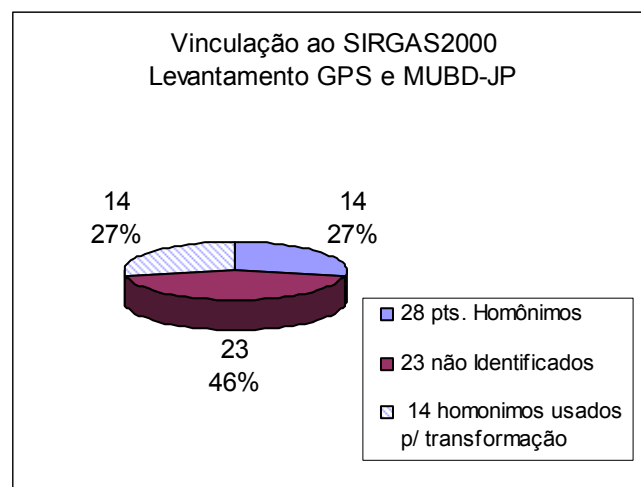


FIGURA 5.4: PONTOS HOMÔNIMOS NO ENSAIO JOÃO PESSOA.

- Na medida das possibilidades, deve-se estabelecer a transformação com distribuição espacial uniforme dos pontos de controle sobre toda área de abrangência, e determinar parâmetros de transformação, de tal maneira que satisfaça qualquer ponto medido, na região considerada. Esses parâmetros devem satisfazer os critérios estatísticos de qualidade e que possam representar área do mapa no novo sistema; no caso, SIRGAS2000.

- Assim, para essa fase de transição até 2015 entre o sistema de referência SAD-69 do SGB, a respectiva migração ao SIRGAS2000 far-se-á efetuando-se o diagnóstico MUBD-JP disponível, em parte ou como um todo, apontar as discrepâncias entre os pontos de referência de controle e os de levantamentos efetuados sobre os mapas; disponibilizar os parâmetros transformadores; informar as limitações e a aplicabilidade em função da qualidade do mapa, ou parte deste, migrado ao Sirgas2000;
- Informar a necessidade de homogeneização para que esse produto esteja disponível com seus pontos apresentando a mesma tensão para região considerada.

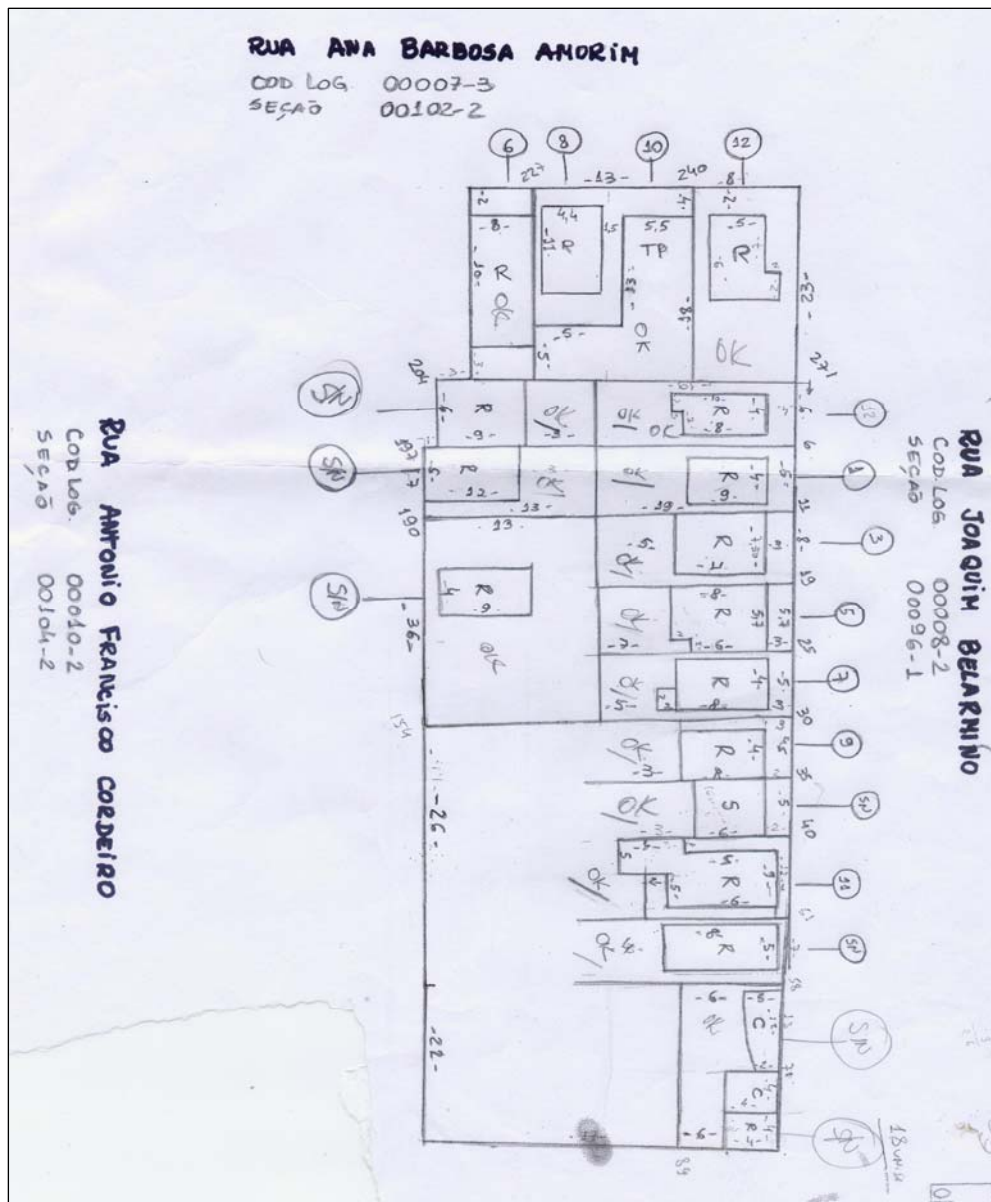
5.2 - Ensaio Salgadinho – PE

Transformação e vinculação ao SAD69 a partir do SIRGAS2000. A base cartográfica e cadastral foi concluída em 2004 (CARNEIRO, 2005). A execução foi feita a partir de um transporte de coordenadas do SGB para área e de um levantamento topográfico cadastral.

Descrição: Até 2004, o município de Salgadinho não possuía nenhum tipo de mapeamento cadastral. Segundo SILVA (2005), o município não tinha planta de referência cadastral, dispunha apenas de um cadastro imobiliário de cunho descritivo cuja planta era constituída apenas de um croqui de localização do imóvel, com os indicativos das quadras e lotes (FIGURA 5.5).

Ainda, segundo SILVA (2005), o município de Salgadinho possui 7.200 habitantes, sendo 2600 na área urbana; está localizada na região agreste de Pernambuco, possui uma área aproximada de 72 Km², posicionada nas coordenadas geográficas com latitude $\phi = 07^{\circ} 56' 11''$ sul e longitude $\lambda = 35^{\circ} 37' 58''$ oeste e altitude média de 231m; com área urbana de aproximadamente 5,00 Km²

FIGURA 5.5: CROQUI DE LOCALIZAÇÃO - SALGADINHO



A *Base Cartográfica Cadastral Urbana* foi concluída em 2004, elaborada no sistema de referência SAD-69 do SGB, a partir de levantamento GPS para o transporte das coordenadas e definição da RRCM e por topografia para o levantamento das feições topográficas da cidade. Tem a finalidade de suprir a área urbana da cidade⁹ de cadastro imobiliário que, representa um instrumento de planejamento e arrecadação compatível com as suas necessidades e possibilidades econômicas, além de outras finalidades de gerenciamento e gestão adequados ao desenvolvimento local. A

⁹ Cidade de pequeno porte – população menor que 20.000 habitantes –, portanto, excluída da exigência de ter um Plano Diretor que, por sua vez, obriga a cidade a possuir uma base cartográfica urbana confiável ao planejamento e a arrecadação tributária.

RRCM apóia a expansão da zona urbana e possibilita a dinâmica de atualização métrica das áreas do parcelamento do cadastro imobiliário.

Objetivos da RRCM:

- Efetuar os levantamentos de ordem secundária;
- Fornecer apoio uniforme aos trabalhos de mapeamento;
- Fornecer apoio uniforme às obras de engenharia;
- Fornecer apoio uniforme à implantação de novos loteamentos;
- Permitir atualização uniforme e continuada do mapa da sede municipal.

Características técnicas do Mapa Urbano Cadastral de Salgadinho.

- Elaborado ao nível lotes por topografia

- Por topografia, a partir de poligonais topográficas de apoio, foram levantadas as feições dos 645 domicílios cadastrados, além dos arruamentos, praças e logradouros; os espaços públicos e comunitários, entre outros;
- As poligonais são apoiadas na Rede de Referência Cadastral Municipal - RRCM, constituída de 12 estações de Referência, monumentalizadas na sua maioria, intervisíveis dois a dois (figura 5.6);

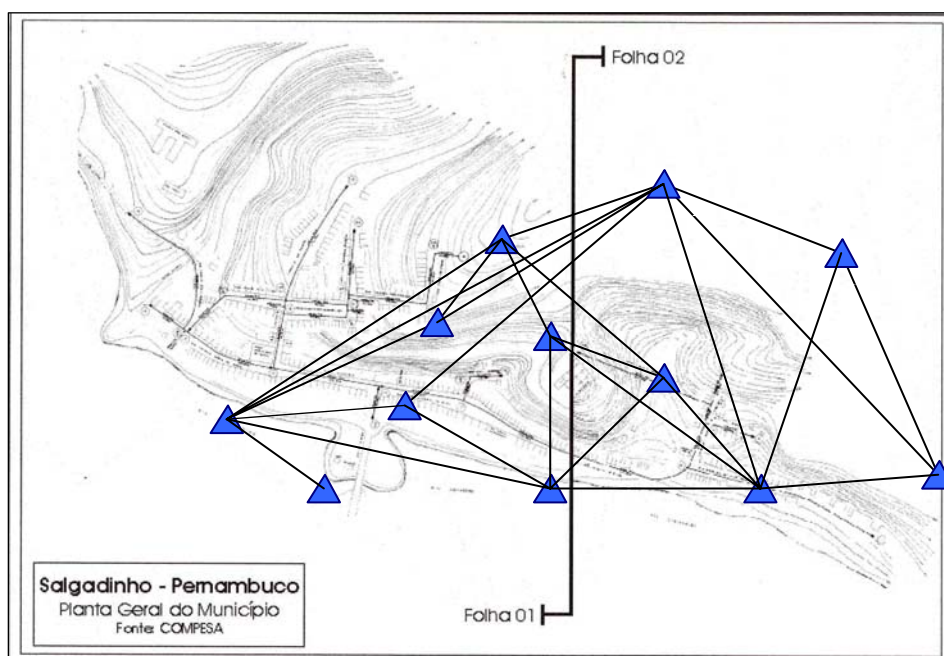


FIGURA 5.6 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA RRCM – SALGADINHO – PE
(adaptada de CARNEIRO (2005))

- o RRCM - Medições efetuadas por GPS, a partir da estação RECF da RBMC do Sistema Geodésico Brasileiro, com equipamento geodésico (L1; L2, código C/A) calculado e ajustado de acordo com as especificações dos softwares dos respectivos equipamentos;
- o Referenciados ao sistema de referência geodésico do SGB SAD-69 através dos parâmetros de transformação oficiais do SGB;
- o Disponibilizado em meio analógico na escala de 1:1000 e, em meio magnético, nos formatos compatíveis com os programas de CAD – Maxicad, Autocad, Macrostation, entre outros, e;
- o Não atende ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), classe A, constante nas Instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional (SILVA, 2005).

5.2.1 – Transformação e vinculação - Procedimentos

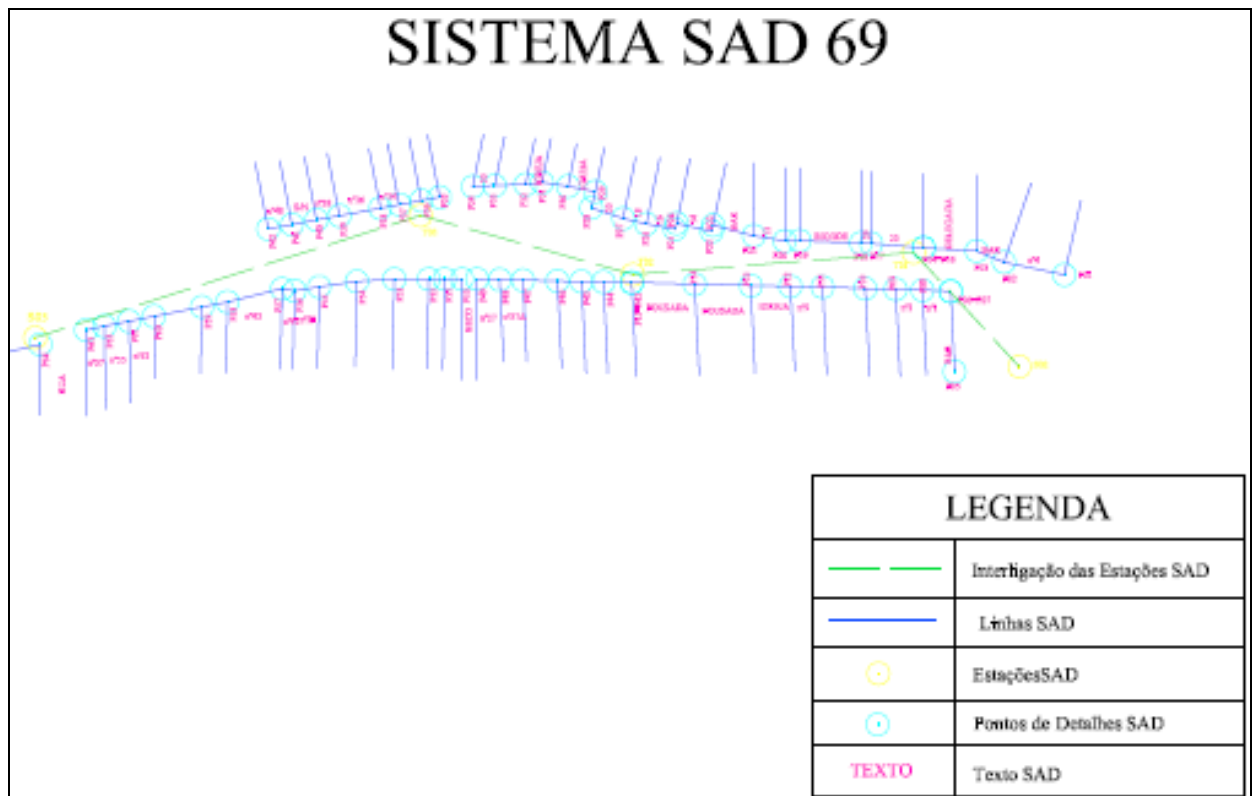
- Transporte de coordenadas a partir de 3 estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, ligadas ao SIRGAS (RECF, CRAT, SALV), para duas estações da Rede de Referência Cadastra Municipal de Salgadinho – **S001 e S003**; medições efetuadas com 2 rastreadores geodésicos (L1/L2; C/A; código p e sinais de navegação), operados, calculados e ajustados de acordo com recomendações contidas em (MÔNICO, 2003), em WGS84 (Quadro 5.7).
- Medições GPS sobre 8 pontos da RRCM de Salgadinho, medidos a partir das estações de referência **S001 e S003** com 4 rastreadores geodésicos operados para as estações **S002, S004, S005, S006, S009, S010, S011, S012**, simultaneamente duas a duas, calculados e ajustados, com nível de aceitação de 95%, de acordo MÔNICO (2003), em WGS84 (Quadro 5.7).

QUADRO 5.7 – ESTAÇÕES DA RBMC E DA RRCM MEDIDOS

Estações medidas a partir das estações de referência da RBMC – SIRGAS2000						
Estações da RBMC SIRGAS2000 (Época 2000,4): disponível em IBGE						
ESTAÇÃO	LAT (S)	σ (m)	LON (W)	σ (m)	h(m)	σ (m)
RECF (Recife -PE)	08° 03'03,4697"	0,001	34° 57' 05,4591"	0,002	20,18	0,002
CRAT (CRATO-CE)	07° 14' 16,8673"	0,001	39° 24' 56,1798"	0,002	436,05	0,002
SALV (SALVADOR)	13° 00' 31,2116"	0,001	38° 30' 44,4929"	0,002	35,7600	0,002
Estações da RRCM - Salgadinho rastreadas por GPS ajustado ao nível de 2σ						
SISTEMA DE REFERÊNCIA - SIRGAS2000						
S001	7° 56' 26.5494"	0.009	35° 37' 42.2543"	0.014	199.386	0.080
S002	7° 56' 28.0338"	0.051	35° 37' 55.7370"	0.050	197.710	0.066
S003	7° 56' 21.8280"	0.006	35° 37' 50.3855"	0.010	216.597	0.057
S004	7° 56' 25.6455"	0.003	35° 37' 56.9534"	0.006	222.288	0.014
S005	7° 56' 27.7745"	0.473	35° 38' 03.0287"	0.039	202.209	0.032
S006	7° 56' 23.9051"	0.071	35° 38' 01.6207"	0.068	239.070	0.058
S009	7° 56' 22.8130"	0.102	35° 38' 06.8003"	0.016	221.966	0.067
S010	7° 56' 23.4298"	0.067	35° 38' 12.7169"	0.072	210.129	0.044
S011	7° 56' 17.8423"	0.103	35° 38' 22.4898"	0.081	201.882	0.048
S012	7° 56' 15.5949"	0.162	35° 38' 26.2061"	0.025	202.227	0.068

- um levantamento cadastral (FIGURA 5.7) de quadras e lotes ao nível de testadas de lotes, medidos por topografia, a partir de poligonais de apoio – partindo da estação S002, com visada ré em S001 e fechando na estação S005, todas da RRCM – executado de acordo com as especificações da NBR 13133-94 Classe I PAC e poligonais III P¹⁰. Foram medidos 64 pontos de feição de testadas de lotes (ANEXO C p16 e p17 – colunas 1 e 2).

¹⁰ Poligonais classe IIIP – medições angulares, método das direções com duas séries de leituras conjugadas (direta e inversa, e; medições lineares com visadas recíprocas. (Equipamento topográfico tipo Estação Total WILD TC500, de precisão angular de 5" e linear de 5mm \pm 5ppm, satisfaz as condições de classe do teodolito e do distanciômetro para classe requerida).

FIGURA 5.7 – SALGADINHO: LEVANTAMENTO CADASTRAL – UTM_{SAD69}

- *Identificação dos pontos homônimos nos dois sistemas*

- o As quadras levantadas em campo são identificadas no mapa urbano;
- o Semelhante ao anterior, os pontos limites de frentes de lotes, levantados por topografia e representados em UTM-SAD69, têm seus homônimos identificados no mapa urbano de salgadinho, através de análise da distribuição espacial do levantamento de campo sobreposto no mapa, representados no mesmo sistema de referência e escala daí, por proximidade, dedução e correlacionamento com os dados dos croquis de campo e relatórios, são definidos;
- o Mediu-se 64 objetos e identificou-se 50 como homônimos e 14 ficaram sem definição (ANEXO C - p.16 e p.17);
- o Os pontos da RRMCL levantados por GPS (10 pontos), calculados em WGS-84 e os seus respectivos homônimos, disponíveis no relatório de SILVA (2005) no sistema UTM-SAD69, tem suas coordenadas transformadas para o sistema comum - UTMSAD69 - através dos parâmetros oficiais do SGB, utilizando o software GT87. (ANEXO C - p.18 e p.19);
- o Os pontos do levantamento topográfico (frente de lote - 49 pontos), e seus homônimos identificados no mapa urbano (49 pontos), têm as coordenadas

representadas no sistema comum UTM-SAD69, transformadas através dos parâmetros oficiais do SGB, com o software GT87, com vistas à transformação localizada (ANEXO C p.20 e p.21).

- *Transformação para Sistema Referência localizado:*

Usado o software ADJUST (WOLF, 1997), foi efetuada uma *Transformação bidimensional Conforme Generalizada*. Para definição dos parâmetros de transformação para área considerada, utilizam-se 39 pontos, dos 59 identificados como homônimos. Os quadros 5.8 e 5.9 representam os pontos de controle e suas respectivas precisões métricas, nos dois sistemas, para determinação dos parâmetros de transformação – os valores estão deslocados para o centróide como na figura 5.1, de E = 209725 m e N = 9121350 m.

QUADRO 5.8: HOMÔNIMOS DE CONTROLE LEVANTAMENTO (CENTRÓIDE)

MEDIÇÕES DE CAMPO - UTM-SAD69 - DESLOCADOS				
PTO.	COORDENADA E(m) = X	COORDENADA N(m) = X	Precisão σ_E (m)	Precisão σ_N (m)
P01	118.285	03.938	0.06	0.06
P02	104.583	06.797	0.06	0.06
P03	98.364	09.340	0.06	0.06
P06	92.450	00.112	0.06	0.06
P08	86.064	00.417	0.06	0.06
P09	79.975	00.616	0.06	0.06
P10	73.043	00.746	0.06	0.06
P11	63.358	01.136	0.06	0.06
P12	56.101	01.243	0.06	0.06
P13	47.083	01.427	0.06	0.06
P16	86.303	10.065	0.06	0.06
P18	72.077	11.158	0.06	0.06
P21	47.778	12.806	0.06	0.06
P25	29.854	14.265	0.06	0.06
P28	10.860	19.169	0.06	0.06
P32	-04.107	24.439	0.06	0.06
P33	-11.100	24.204	0.06	0.06
P34	-16.029	24.000	0.06	0.06
P35	-23.306	21.696	0.06	0.06
P37	-32.204	20.167	0.06	0.06
P38	-37.309	18.955	0.06	0.06
P41	-57.105	15.344	0.06	0.06
P42	-62.519	14.339	0.06	0.06
P46	03.146	02.508	0.06	0.06
P49	-15.124	02.944	0.06	0.06
P50	-18.518	02.939	0.06	0.06
P52	-26.064	02.961	0.06	0.06
P53	-33.877	02.941	0.06	0.06
P54	-42.383	02.417	0.06	0.06
P55	-50.948	01.145	0.06	0.06
P58	-71.740	-02.238	0.06	0.06
P59	-77.569	-03.373	0.06	0.06

P60	-88.463	-05.528	0.06	0.06
P61	-94.115	-06.653	0.06	0.06
P62	-99.730	-07.760	0.06	0.06
P63	-103.867	-8.709	0.06	0.06
P64	-114.267	-11.923	0.06	0.06
SL2	108.065	-16.979	0.06	0.06
SL4	070.324	56.198	0.06	0.06

Os pontos homônimos medidos no mapa, do sistema objeto, são os pontos de referência e controle para determinação dos parâmetros transformadores. Estão apresentados, com as suas respectivas precisões métricas, no QUADRO 5.9 a seguir:

QUADRO 5.9: HOMÔNIMOS DE CONTROLE MAPA(CENTRÓIDE)

MEDIÇÕES NO MAPA – UTM-SAD69 - DESLOCADOS				
PTO.	COORDENADA E(m) = X	COORDENADA N(m) = X	Precisão σ_E (m)	Precisão σ_N (m)
P01	118.565	03.397	0.08	0.08
P02	104.992	06.368	0.08	0.08
P03	98.717	08.938	0.08	0.08
P06	92.873	-00.222	0.08	0.08
P08	86.481	00.125	0.08	0.08
P09	79.953	00.326	0.08	0.08
P10	73.655	00.521	0.08	0.08
P11	64.229	00.811	0.08	0.08
P12	56.461	01.051	0.08	0.08
P13	47.497	01.300	0.08	0.08
P16	86.719	09.666	0.08	0.08
P18	72.508	10.836	0.08	0.08
P21	48.237	12.620	0.08	0.08
P25	30.321	14.196	0.08	0.08
P28	11.281	19.359	0.08	0.08
P32	-3.607	24.523	0.08	0.08
P33	-10.605	24.322	0.08	0.08
P34	-15.583	24.179	0.08	0.08
P35	-23.149	21.738	0.08	0.08
P37	-32.027	20.257	0.08	0.08
P38	-36.585	19.331	0.08	0.08
P41	-56.672	15.734	0.08	0.08
P42	-62.033	14.751	0.08	0.08
P46	03.625	02.541	0.08	0.08
P49	-14.613	03.109	0.08	0.08
P50	-18.104	03.145	0.08	0.08
P52	-25.548	03.167	0.08	0.08
P53	-33.438	03.190	0.08	0.08
P54	-41.913	02.755	0.08	0.08
P55	-50.568	01.451	0.08	0.08
P58	-71.661	-01.891	0.08	0.08
P5	-77.552	-03.051	0.08	0.08
P60	-88.345	-05.177	0.08	0.08
P61	-93.893	-06.275	0.08	0.08
P62	-99.431	-07.457	0.08	0.08
P63	-103.569	-8.175	0.08	0.08
P64	-113.998	-11.219	0.08	0.08
SL2	108.871	-17.460	0.08	0.08
SL4	071.145	55.702	0.08	0.08

Como em 5.1.1, usou-se o software ADJUST (WOLF, 1997), efetuando-se uma *Transformação bidimensional Conforme Generalizada* (método Combinado). Essa transformação de sistema, como já foi dito, mostra-se mais adequado, pois, leva em conta que os dois campos de pontos (de referência e objeto) são medidos, logo, contém resíduos. (medem-se no mapa por AUTOCAD e medem-se no campo por topografia e GPS).

Os parâmetros de transformação são definidos quando o critério de aceitação ao nível estatístico de 95% (2σ) é satisfeito. Assim, os valores a seguir representam os parâmetros transformadores para quaisquer pontos medidos no mapa que precisem ser transformados para o sistema SAD-69 de referência, na região considerada (QUADRO 5.10).

QUADRO 5.10: PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO

a = 0.99914 ± 0.00033	t-value: 3047.14 (rotação e escala)
b = 0.00461 ± 0.00033	t-value: 14.06 (rotação e escala)
Tx = -0.371 ± 0.023m	t-value: 16.12 (translação em X = E)
Ty = -0.047m ± 0.023m	t-value: 2.04 (translação em Y = N)
rotação = 0°15'51.8"	
escala = 0.99914877	

Os relatórios com os respectivos cálculos encontram-se no (ANEXO C - p.22 e p.23).

Como em 5.1.1, é apresentado um campo de pontos transformados, através desses parâmetros transformadores, para o novo sistema de referência SAD69 dos pontos medidos por topografia e GPS. São apresentados no (QUADRO 5.11) com suas respectivas precisões.

QUADRO 5.11: COOREDENADAS SAD69 DO MAPA URBANO TRANSFORMADAS

Sistema de referência SAD-69 - Coordenadas do Mapa após transformação "CONFORME GENERALIZADA POR MMQ"				
PTO	E (m)	N(m)	σ E(m)	σ N(m)
P01	209.843,076	9.121.353,894	0.045	0.045
P02	209.829,501	9.121.356,800	0.041	0.041
P03	209.823,220	9.121.359,339	0.040	0.040
P06	209.817,423	9.121.350,160	0.038	0.038
P08	209.811,035	9.121.350,477	0.037	0.037
P09	209.804,512	9.121.350,648	0.035	0.035
P10	209.798,218	9.121.350,813	0.033	0.033

P11	209.788,799	9.121.351,060	0.031	0.031
P12	209.781,036	9.121.351,264	0.030	0.030
P13	209.772,079	9.121.351,471	0.028	0.028
P14	209.757,330	9.121.351,821	0.025	0.025
P16	209.811,229	9.121.360,011	0.037	0.037
P18	209.797,024	9.121.361,114	0.033	0.033
P21	209.772,766	9.121.362,785	0.028	0.028
P25	209.754,858	9.121.364,277	0.025	0.025
P26	209.748,006	9.121.365,678	0.025	0.025
P28	209.735,811	9.121.369,347	0.024	0.024
P30	209.727,515	9.121.374,861	0.024	0.024
P32	209.720,912	9.121.374,438	0.024	0.024
P33	209.713,921	9.121.374,205	0.025	0.025
P34	209.708,948	9.121.374,039	0.025	0.025
P35	209.701,400	9.121.371,566	0.025	0.025
P36	209.697,292	9.121.370,816	0.026	0.026
P37	209.692,536	9.121.370,045	0.026	0.026
P38	209.687,986	9.121.369,099	0.027	0.027
P39	209.677,915	9.121.367,114	0.028	0.028
P40	209.672,744	9.121.366,233	0.029	0.029
P41	209.667,933	9.121.365,412	0.030	0.030
P42	209.662,581	9.121.364,405	0.031	0.031
P44	209.741,614	9.121.352,121	0.024	0.024
P45	209.735,883	9.121.352,348	0.023	0.023
P46	209.728,239	9.121.352,509	0.023	0.023
P47	209.719,234	9.121.352,798	0.023	0.023
P48	209.714,552	9.121.352,984	0.023	0.023
P49	209.710,014	9.121.352,992	0.024	0.024
P50	209.706,526	9.121.353,012	0.024	0.024
P52	209.699,088	9.121.353,000	0.025	0.025
P53	209.691,205	9.121.352,986	0.026	0.026
P54	209.682,739	9.121.352,513	0.027	0.027
P55	209.674,098	9.121.351,170	0.028	0.028
P56	209.667,947	9.121.350,147	0.030	0.030
P57	209.662,623	9.121.349,297	0.031	0.031
P58	209.653,038	9.121.347,733	0.033	0.033
P59	209.647,158	9.121.346,547	0.034	0.034
P60	209.636,384	9.121.344,373	0.037	0.037
P61	209.630,846	9.121.343,251	0.038	0.038
P62	209.625,318	9.121.342,044	0.040	0.040
P63	209.621,187	9.121.341,308	0.041	0.041
P64	209.610,781	9.121.338,218	0.044	0.044
SL1	210.245,252	9.121.381,506	0.173	0.173
SL2	209.833,487	9.121.333,010	0.043	0.043
SL3	209.995,496	9.121.525,456	0.108	0.108
SL4	209.795,456	9.121.405,935	0.038	0.038
SL5	209.609,882	9.121.338,692	0.044	0.044
SL6	209.651,990	9.121.457,852	0.048	0.048
SL9	209.492,991	9.121.489,647	0.092	0.092
S10	209.312,045	9.121.468,697	0.143	0.143
S11	209.010,939	9.121.637,020	0.253	0.253
S12	208.896,330	9.121.704,834	0.297	0.297

O procedimento seguinte consiste em comparar as coordenadas do campo de pontos medido no mapa, transformadas para o sistema dos pontos das medições

topográficas – considerados de referência para transformação -, daí quantificado as discrepâncias entre esses valores.

SALGADINHO: (Medido por GPS e Topografia)-(Transformado do mapa CAD). Ambos os sistemas estão representados em UTM_{SAD69} do SGB (QUADRO 5.12). ΔE e ΔN são as discrepâncias entre o valor original (levantado por topografia/GPS) e o valor transformado para este sistema a partir das medições efetuadas no mapa por AutoCad.

QUADRO 5.12: SALGADINHO - DISCREPÂNCIAS DA TRANSFORMAÇÃO LOCALIZADA

	Medido por	gps/topograf	transformado	do mapa CAD	DISCRE	PÂNCIA	$\pm\sigma_E$	$\pm\sigma_N$
PTO	E (m)	N(m)	E (m)	N(m)	$\Delta E(m)$	$\Delta N(m)$	(m)	(m)
P01	209.843,285	9.121.353,938	209.843,076	9.121.353,894	0.209	0.044	0.045	0.045
P02	209.829,583	9.121.356,797	209.829,501	9.121.356,800	0.082	-0.003	0.041	0.041
P03	209.823,364	9.121.359,340	209.823,220	9.121.359,339	0.144	0.001	0.040	0.040
P06	209.817,450	9.121.350,112	209.817,423	9.121.350,160	0.027	-0.048	0.038	0.038
P08	209.811,064	9.121.350,417	209.811,035	9.121.350,477	0.029	-0.060	0.037	0.037
P09	209.804,975	9.121.350,616	209.804,512	9.121.350,648	0.463	-0.032	0.035	0.035
P10	209.798,043	9.121.350,746	209.798,218	9.121.350,813	-0.175	-0.067	0.033	0.033
P11	209.788,358	9.121.351,136	209.788,799	9.121.351,060	-0.441	0.076	0.031	0.031
P12	209.781,101	9.121.351,243	209.781,036	9.121.351,264	0.065	-0.021	0.030	0.030
P13	209.772,083	9.121.351,427	209.772,079	9.121.351,471	0.004	-0.044	0.028	0.028
P14	209.759,362	9.121.351,749	209.757,330	9.121.351,821	2.032	-0.072	0.025	0.025
P16	209.811,303	9.121.360,065	209.811,229	9.121.360,011	0.074	0.054	0.037	0.037
P18	209.797,077	9.121.361,158	209.797,024	9.121.361,114	0.053	0.044	0.033	0.033
P21	209.772,778	9.121.362,806	209.772,766	9.121.362,785	0.012	0.021	0.028	0.028
P25	209.754,854	9.121.364,265	209.754,858	9.121.364,277	-0.004	-0.012	0.025	0.025
P26	209.748,329	9.121.365,486	209.748,006	9.121.365,678	0.323	-0.192	0.025	0.025
P28	209.735,860	9.121.369,169	209.735,811	9.121.369,347	0.049	-0.178	0.024	0.024
P30	209.730,550	9.121.374,022	209.727,515	9.121.374,861	3.035	-0.839	0.024	0.024
P32	209.720,893	9.121.374,439	209.720,912	9.121.374,438	-0.019	0.001	0.024	0.024
P33	209.713,900	9.121.374,204	209.713,921	9.121.374,205	-0.021	-0.001	0.025	0.025
P34	209.708,971	9.121.374,000	209.708,948	9.121.374,039	0.023	-0.039	0.025	0.025
P35	209.701,694	9.121.371,696	209.701,400	9.121.371,566	0.294	0.130	0.025	0.025
P36	209.697,736	9.121.371,007	209.697,292	9.121.370,816	0.444	0.191	0.026	0.026
P37	209.692,796	9.121.370,167	209.692,536	9.121.370,045	0.260	0.122	0.026	0.026
P38	209.687,691	9.121.368,955	209.687,986	9.121.369,099	-0.295	-0.144	0.027	0.027
P39	209.678,646	9.121.367,310	209.677,915	9.121.367,114	0.731	0.196	0.028	0.028
P40	209.673,460	9.121.366,389	209.672,744	9.121.366,233	0.716	0.156	0.029	0.029
P41	209.667,895	9.121.365,344	209.667,933	9.121.365,412	-0.038	-0.068	0.030	0.030
P42	209.662,481	9.121.364,339	209.662,581	9.121.364,405	-0.100	-0.066	0.031	0.031
P44	209.738,636	9.121.352,313	209.741,614	9.121.352,121	-2.978	0.192	0.024	0.024
P45	209.733,632	9.121.352,398	209.735,883	9.121.352,348	-2.251	0.050	0.023	0.023
P46	209.728,146	9.121.352,508	209.728,239	9.121.352,509	-0.093	-0.001	0.023	0.023
P47	209.720,341	9.121.352,690	209.719,234	9.121.352,798	1.107	-0.108	0.023	0.023
P48	209.715,057	9.121.352,824	209.714,552	9.121.352,984	0.505	-0.160	0.023	0.023
P49	209.709,876	9.121.352,944	209.710,014	9.121.352,992	-0.138	-0.048	0.024	0.024
P50	209.706,482	9.121.352,939	209.706,526	9.121.353,012	-0.044	-0.073	0.024	0.024
P52	209.698,936	9.121.352,961	209.699,088	9.121.353,000	-0.152	-0.039	0.025	0.025
P53	209.691,123	9.121.352,941	209.691,205	9.121.352,986	-0.082	-0.045	0.026	0.026
P54	209.682,617	9.121.352,417	209.682,739	9.121.352,513	-0.122	-0.096	0.027	0.027
P55	209.674,052	9.121.351,145	209.674,098	9.121.351,170	-0.046	-0.025	0.028	0.028

P56	209.668,454	9.121.350,254	209.667,947	9.121.350,147	0.507	0.107	0.030	0.030
P57	209.665,645	9.121.350,715	209.662,623	9.121.349,297	3.022	1.418	0.031	0.031
P58	209.653,260	9.121.347,762	209.653,038	9.121.347,733	0.222	0.029	0.033	0.033
P59	209.647,431	9.121.346,627	209.647,158	9.121.346,547	0.273	0.080	0.034	0.034
P60	209.636,537	9.121.344,472	209.636,384	9.121.344,373	0.153	0.099	0.037	0.037
P61	209.630,885	9.121.343,347	209.630,846	9.121.343,251	0.039	0.096	0.038	0.038
P62	209.625,270	9.121.342,240	209.625,318	9.121.342,044	-0.048	0.196	0.040	0.040
P63	209.621,133	9.121.341,291	209.621,187	9.121.341,308	-0.054	-0.017	0.041	0.041
P64	209.610,733	9.121.338,077	209.610,781	9.121.338,218	-0.048	-0.141	0.044	0.044
SL1	210.245,973	9.121.381,273	210.245,252	9.121.381,506	0.721	-0.233	0.173	0.173
SL2	209.833,065	9.121.333,021	209.833,487	9.121.333,010	-0.422	0.011	0.043	0.043
SL3	209.995,861	9.121.524,829	209.995,496	9.121.525,456	0.365	-0.627	0.108	0.108
SL4	209.795,324	9.121.406,198	209.795,456	9.121.405,935	-0.132	0.263	0.038	0.038
SL5	209.609,551	9.121.339,569	209.609,882	9.121.338,692	-0.331	0.877	0.044	0.044
SL6	209.651,946	9.121.458,793	209.651,990	9.121.457,852	-0.044	0.941	0.048	0.048
SL9	209.492,994	9.121.491,352	209.492,991	9.121.489,647	0.003	1.705	0.092	0.092
S10	209.311,792	9.121.471,239	209.312,045	9.121.468,697	-0.253	2.542	0.143	0.143
S11	209.011,192	9.121.641,091	209.010,939	9.121.637,020	0.253	4.071	0.253	0.253
S12	208.896,859	9.121.709,455	208.896,330	9.121.704,834	0.529	4.621	0.297	0.297

Essas discrepâncias são apresentadas em forma de vetores-resultantes distribuídos sobre a área (FIGURA 5. 8).

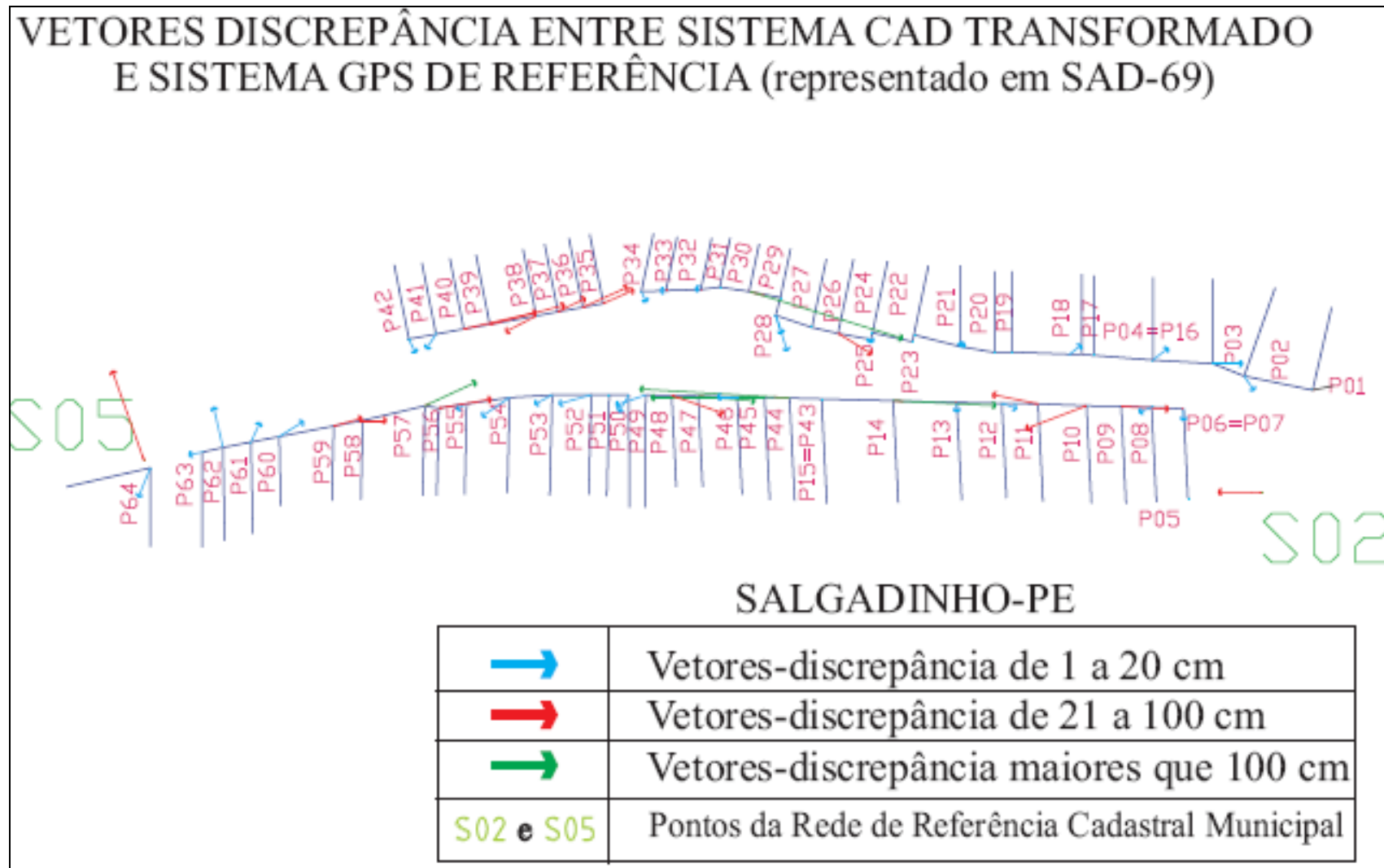


FIGURA 5.8: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS VETORES-DISCREPÂNCIA - SALGADINHO

5.2.2 - Considerações sobre o ensaio Salgadinho

- Neste ensaio, as discrepâncias – *entre as medições efetuadas por GPS e topografia comparadas com os homônimos extraídos via autocad, do mapa original (produzido por GPS e topografia e elaborados no sistema SAD-69)* - apresentaram-se com precisões médias na ordem do centímetro, variando de 2,5 cm a 4,5 cm. Apenas quatro pontos, pertencentes a RRCM extrapolaram essas precisões, variando de 1,8 dm a 2,8 dm.

A variação centimétrica na precisão das discrepâncias se deu, entre outras causas, porque as ferramentas (GPS, topografia) utilizadas na produção do mapa e na execução do ensaio foram as mesmas. De maneira geral, no caso de um mapa elaborado apenas por GPS e topografia, observa-se que a propagação dos erros influentes no valor final da precisão, se dá através de um número menor de variáveis envolvidas, quando comparado com o mapeamento que utiliza também fotogrametria e outros recursos, além dessas ferramentas.

Os valores decimétricos (1,8 dm a 2,8 dm) na precisão das discrepâncias que ocorreram nos quatro pontos da rede de referência cadastral sugerem que, entre outras causas, ocorreram devido ao transporte das coordenadas precisas para área terem sido transportadas de apenas uma estação da RBMC, pelo método de levantamento de campo e pelo tempo de rastreo GPS que não foram adequados para obter precisão desejada na implantação da RRCM do mapeamento original. Os levantamentos GPS para transporte de coordenadas precisas apresentam melhor precisão quando efetuados a partir de mais de uma estação de referência (como na execução do ensaio Salgadinho da presente pesquisa, onde se utilizou três estações da RBMC - RECF, CRAT, SALV) e, a correspondente RRCM deve ser implantada a partir desse(s) ponto(s), observando os critérios técnicos recomendados especificamente para densificação de redes de referência, equipamentos utilizados, métodos e técnicas de rastreamento GPS, bem como, a análise a priori da propagação do erro e a predição da precisão no ajustamento.

Ter-se-á desta maneira, uma rede de referência implantada com critério e precisão adequados ao objetivo desejado. Finalmente, desta maneira a precisão das

discrepâncias entre os dois sistemas convergirá para valores centimétricos, como os demais pontos do ensaio.

- Salgadinho foi um modelo de cidade de pequeno porte que teve seu mapa urbano elaborado exclusivamente por topografia. Teve sua RRCM – 12 estações - implantada por GPS, referido ao SGB através de uma estação do SGB de referência (RECF – da RBMC, situada a em Recife, PE). A partir dessas estações de referência, por poligonais de apoio, definiram-se as feições topográficas da cidade. Segundo os relatórios de SILVA, (2005), a execução do mapa urbano de Salgadinho não atendeu as especificações das rotinas de procedimentos contidas na NBR 13-1333-94. No entanto a identificação dos pontos levantados, para os ensaios de transformação “Conforme Generalizada por MMQ”, comparados com seus homônimos, no mapa, definiu parâmetros com resíduos estatisticamente melhores que os usuais efetuados por fotogrametria e outros procedimentos topográficos de atualização (Figura 5.9).

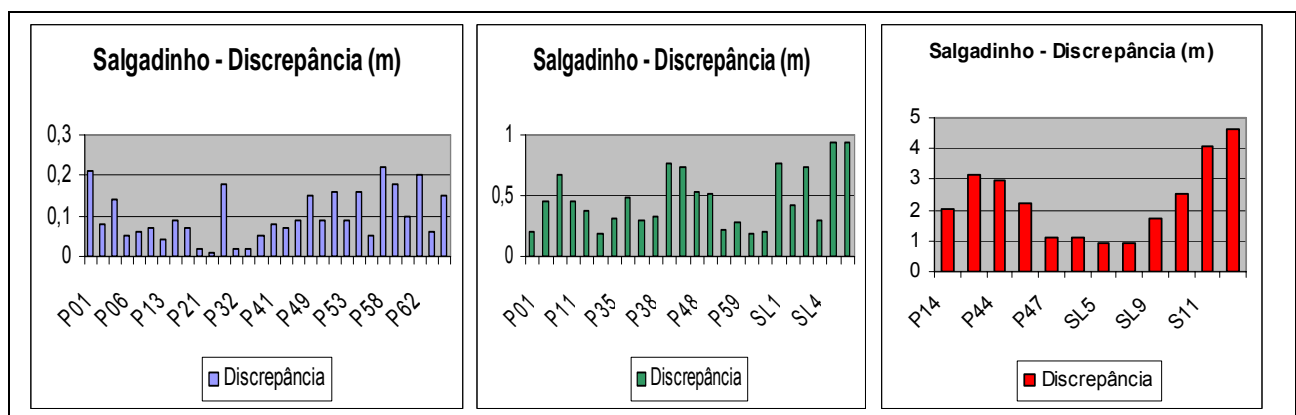


FIGURA 5.9 – DISCREPÂNCIAS ENTRE OS SISTEMAS – SALGADINHO

- O gráfico dos vetores (FIGURA 5.8) mostra os tamanhos das discrepâncias e a distribuição sobre a região considerada. Neste caso, a precisão do ajustamento da transformação e a dimensão dos vetores-discrepância apresentaram-se significativamente menores que no ensaio JP, aqui as maiores discrepâncias não passaram dos 5 metros – apenas um caso (FIGURA 5.9) - e ocorreram no centro da área de estudo. A distribuição desses valores sobre a área, se deu de maneira aleatória, sem uma tendência direcional. Essa característica recomenda também um

processo de homogeneização para região, para que no final do processo, os pontos estejam com precisões de mesma tensão.

- Com relação à perda de pontos devido a não identificação dos seus homônimos, e o universo utilizado para transformação com eficiência estatística, os levantamentos topográficos apresentaram percentagens melhores, do que os produzidos por metodologias múltiplas (FIGURA 5.10).

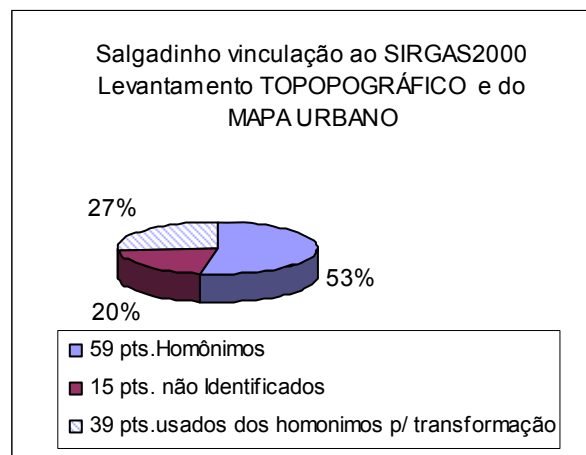


FIGURA 5.10: HOMÔNIMOS SALGADINHO

- Para cidades de pequeno porte – menores que 20000 habitantes e aglomerados urbanos com até 1500 domicílios -, um programa de mapeamento (envolvendo as três esferas do Estado – a municipal, a estadual e a federal), devidamente planejado e com tecnologia barata, pode atualizar o mapeamento urbano cadastral do Brasil, vinculado ao novo sistema de referência SIRGAS2000, com eficiência e de baixo custo. Com a consideração de que o Banco de Coordenadas contribuiria sobremaneira para a administração econômica, eficiente e plural dessas coordenadas.

5.3 - Ensaio Praia Bela – Alhandra – PB.

O estudo teve como modelo uma área litorânea, denominada de Praia Bela, município de Alhandra - PB, extremo leste do Brasil (latitude = 7° 24' 33.24" sul e longitude = 34° 48' 28.86" oeste) ao sul do estado. O parcelamento existente é destinado à expansão imobiliária, constituído de parcelas urbanas e rurais. (FIGURA

5.11). Foi implantado na década de 70 por simples medições topográficas, com os limites materializados em marcos de concreto de 7cm x 7cm x 50cm, à 15cm da superfície e, atualmente encontra-se em bom estado de conservação.



FIGURA 5.11 – PRAIA BELA – VISTA PANORÂMICA DA PARCELA DE EXPANSÃO URBANA

O empreendimento é registrado no cartório da comarca de Petribu – PB. Por questões de herança, foi abandonado na década de 80, e substituído por plantações de subsistência. Recentemente foi revitalizado, foram identificados no campo, as demarcações das quadras, lotes e logradouros e, está disponibilizado para comercialização. Na atualidade, está representado cartograficamente apenas com as medições topográficas primárias; com as parcelas urbanas desenhadas em forma de planta topográfica, orientada para o norte magnético de 1971, com escala numérica e a representação das posições relativas dos lotes, quadras e logradouros, sem georreferenciamento ou quaisquer registros métricos, que possam ser levados a um sistema de referência do SGB. A parcela primária¹¹ é identificada

¹¹ Entenda-se como parcela primária àquela que deu origem, por desmembramento, ao parcelamento de expansão urbana – como esboçado no sub-capítulo 1.5, por exemplo.

geograficamente, apenas pelo nome do proprietário, a área declarada e pelo memorial descritivo dos limites extremos com os confrontantes. Por isso nosso interesse em executar este Projeto, dede a sua concepção, até sua representação no SGB – SIRGAS2000, aproveitando evidentemente a materialização dos limites que permanecem no campo.

Assim, esse ensaio, é constituído de um planejamento, um projeto, com a rotina de procedimentos, e a sua execução, até a representação cartográfica no novo SBG – SIRGAS2000, de acordo com as especificações IBGE e ABNT recomendadas.

5.3.1 – Planejamento e Operacionalidade

A estrutura geodésica e cartográfica foi implantada a partir da definição de uma RRCM que está vinculada diretamente ao sistema do SGB, SIRGAS2000 e, de uma rede de levantamento para apoio às medições topográficas cadastrais. As medições deste ensaio, desde a primeira etapa, foram efetuadas no sistema WGS84, e, considerando este, correspondente ao SIRGAS2000¹², não carece, portanto, efetuar transformações de sistemas localizados, como nos ensaios anteriores.

Em projetos de implantação de redes geodésicas são observados três fatores preponderantes, a precisão desejada, a confiabilidade dos valores medidos e os custos para implantação. A operacionalidade¹³ de uma rede, segundo SOUZA (2004), seus custos dependem de vários fatores, os quais devem ser analisados considerando-se as particularidades de cada projeto. Assim, os pressupostos e atributos como acessibilidade; ambiente circundante e suas componentes; intervisibilidade entre os pontos da rede de levantamento, monumentalização, densidade e distâncias entre estações, memorial descritivo e de itinerário dos vértices e logística, de acordo com SOUZA (2004), são as componentes básicas para determinação do índice de operacionalidade, e, é considerado de relevante importância para o planejamento e implantação de projetos de redes de referência, de todos os níveis.

¹² WGS = SIRGAS2000, ao nível de 1cm, já discutido no capítulo 3.

¹³ Índice de Operacionalidade, valor numérico que expressa a Eficácia de uma rede geodésica na implantação de uma base topográfica... (SOUZA, 2004).

O enquadramento do projeto Praia Bela no índice de operacionalidade, se deu de maneira “expedita”, fundamentado nesses pressupostos e atributos, contudo, sem uma avaliação numérica, foi baseado na experiência dos executores do projeto, observando o custo/benefício (voltados ao ensaio desta tese), disponibilidade de tempo, de equipamento e material humano disponíveis.

Foram analisados os seguintes atributos e singularidades do projeto:

- a densidade (4 estações de referência para 10 km² e 4 estações de levantamento para 2 km²);
- as dimensões da RRCM e da RL auxiliar (as distâncias entre as estações a RRCM variam de 500 a 3500 metros e as distâncias entre os pontos da RL de 150 a 400 metros);
- a distância à base logística (40km) – João Pessoa, tipo de transporte, facilidade de locomoção e comunicação na área;
- a utilização das estações da RBMC, como referência ao transporte das coordenadas, com dados disponíveis 24 horas, via internet;
- o tempo de implantação dos marcos de referência e dos marcos de levantamento de apoio;
- o equipamento disponível (quatro receptores GPS geodésicos e acessórios e duas estações totais, com precisão angular de 5” e linear de 5 mm ± 5ppm, com certificado de calibração validado);
- a metodologia e tempo de rastreio programados para medições GPS, para o transporte e densificação das coordenadas e do levantamento topográfico cadastral – observados as normas vigentes na NBR, IBGE e INCRA para o parcelamento rural);
- o pós-processamento das medições GPS (cálculo e ajustamento das linhas de base) e topográficas;
- a qualificação e número de pessoas da equipe de campo (6 pessoas – 2 engenheiros e 4 tecnólogos), entre outros fatores.

Para implantação da rede de referência cadastral municipal - RRCM e da rede de levantamento auxiliar – RL, do projeto Praia Bela, foram utilizadas estações da

RBMC, pertencentes a rede ativa do SGB. E, para efetuar os cálculos das linhas de base e ajustamentos das medições GPS, foi planejado a utilização dos dados das estações ativas da RBMC (FORT, RECF, CRAT e SALV) que, dessas, três corresponderam aos objetivos do planejamento.

Considerando a disponibilidade de quatro rastreadores GPS geodésicos, podendo operar simultaneamente, de duas estações totais, de material humano, de 2 automóveis e de rádio comunicação, o planejamento para implantação do campo de pontos - RRCM, RL e do levantamento topográfico cadastral - vinculado ao SGB SIRGAS2000 constituiu-se de:

- a) Transporte para área a partir de três ou mais estações da RBMC;
- b) Uma densificação (projeto de uma rede de referência cadastral municipal (RRCM));
- c) Implantação de rede de levantamento (RL) para apoio às medições topográficas de atualizações cadastrais;
- d) Medições dos pontos limites de parcelas territoriais urbanas e de pontos limites de parcelas territoriais rurais por medições GPS e por topografia;
- e) Representação da base cartográfica (RRCM, RL, parcelamento rural e de expansão urbana), no sistema UTM-SIRGAS200., em ambiente magnético compatível com os programas CAD (Autocad, Maxicad, Macrostation, entre outros), e;

Além da operacionalidade da rede de referencia cadastral e da rede de levantamento para medição dos limites de parcelas rural e urbana, o projeto de execução está de acordo com as especificações do IBGE e ABNT – NBR-14166 e NBR-13133-94 para medições GPS e topográficas respectivamente.

5.3.2 – Implantação da RRCM e Densificação

Foram implantados 4 pontos (GPS1, GPS2, GPS3 e GPS4), uniformemente distribuídos sobre a área, intervisíveis dois a dois, a partir de três estações da RBMC (RECF, CRAT, e SALV). A partir desses pontos da RRCM, foi densificada para o interior da área, uma Rede de Levantamento (RL) auxiliar, para levantamento

topográfico cadastral, constituído de 4 pontos intervisíveis dois a dois (AUX1, AUX2, AUX3 e AUX4), (QUADRO 5.13) e (FIGURA 5.6).

QUADRO 5.13 – estações: RBMC - RRCM – RL (Praia Bela)

ESTAÇÕES do SGB RBMC (SIRGAS2000)	ESTAÇÕES DA REDE RRCM (SIRGAS2000)
FORT LAT = 3° 52' 38.804600" $\sigma = 0,1$ cm LON = 38° 25' 32.205100" $\sigma = 0,1$ cm h = 19.45m $\sigma = 0,2$ cm	GPS1 LAT = 7° 23' 48.163175" $\sigma = 0.01240$ m LON = 34° 48' 35.18084" $\sigma = 0.01173$ m h = 32.7384 M $\sigma = 0.0110$ m
SALV LAT = 13° 00' 31.210372" $\sigma = 0,1$ cm LON = 38° 30' 44.468997" $\sigma = 0,1$ cm h = 36.0005 m $\sigma = 0,2$ cm	GPS2 LAT = 7° 23' 50.632213" $\sigma = 0.01435$ m LON = 34° 48' 21.81079" $\sigma = 0.01736$ m h = 18.3752 M $\sigma = 0.1310$ m
RECF LAT = 7° 23' 33.243451" $\sigma = 0,1$ cm LON = 34° 48' 28.875450" $\sigma = 0,1$ cm h = 38.620 m $\sigma = 0,2$ cm	GPS3 LAT = 7° 24' 33.239981" $\sigma = 0.00643$ m LON = 34° 48' 28.85952" $\sigma = 0.00684$ m h = 36.7861 m $\sigma = 0.0068$ m
	GPS4 LAT = 7° 24' 32.504201" $\sigma = 0.01348$ m LON = 34° 48' 40.84552" $\sigma = 0.01440$ m h = 43.7930 m $\sigma = 0.1452$ m
ESTAÇÕES DA REDE DE LEVANTAMENTO AUXILIAR RL - SIRGAS2000	
AUX1 LAT= 07° 24' 28.3862" $\sigma = 0.02287$ m LON= 34° 48' 38.9546" $\sigma = 0.02357$ m h = 36.147 m $\sigma = 0.0846$ m	AUX2 LAT= 7° 24' 27.2258" $\sigma = 0.03824$ m LON= 34° 48' 37.7051" $\sigma = 0.03771$ m h = 32.438m $\sigma = 0.0859$ m
AUX3 LAT= 07° 24' 30.9043" $\sigma = 0.01862$ m LON= 34° 48' 37.3783" $\sigma = 0.01532$ m h = 36.646 m $\sigma = 0.1078$ m	AUX4 LAT= 07° 24' 32.461" $\sigma = 0.03359$ m LON= 34° 48' 39.010" $\sigma = 0.03747$ m h = 41.264m $\sigma = 0.0931$ m

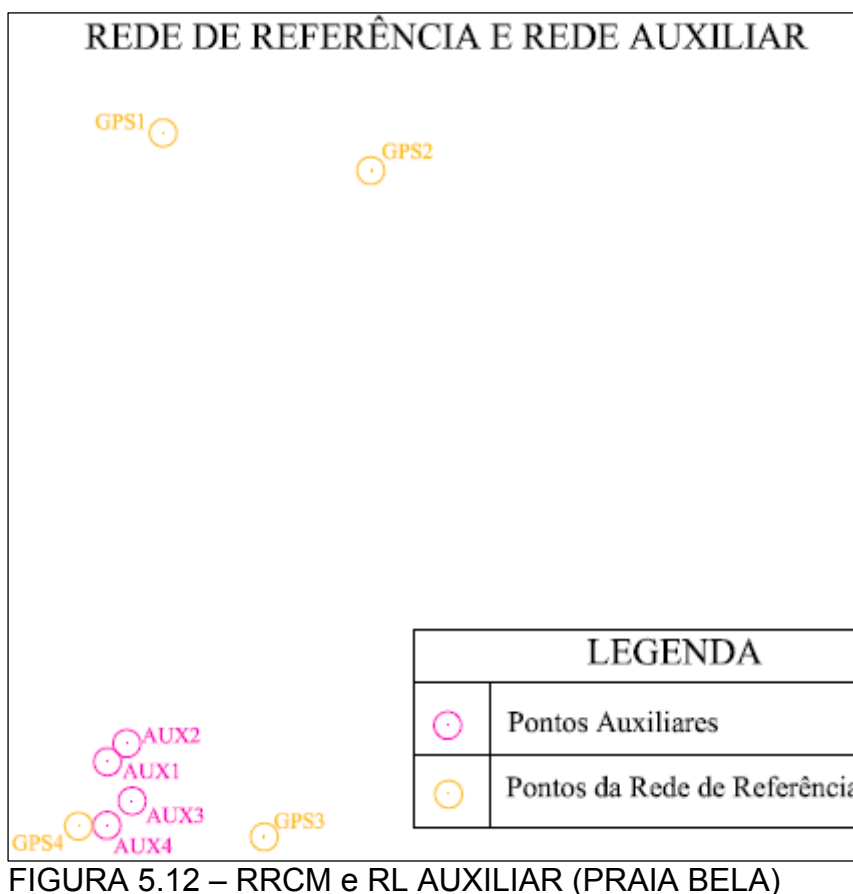


FIGURA 5.12 – RRCM e RL AUXILIAR (PRAIA BELA)

A partir dos pontos auxiliares foram levantados, por estação total, os limites das parcelas urbanas de 30 lotes. Todos os limites foram medidos de, pelo menos, duas estações com coordenadas SIRGAS2000, da rede de levantamento, além de algumas medições de verificação e controle, à trena ou estação total, como sugerem HASENACK (2000) e KATASTERAMT HANNOVER (1980). Com esses procedimentos, pode-se determinar um valor médio para cada limite de parcela, podendo ser verificados as respectivas precisões num ajustamento.

A seguir, são apresentadas as características geométricas dos limites de uma parcela *RURAL*, medida por GPS a partir de duas estações da RRCM – GPS3 e GPS4 -, e dos limites de um parcelamento *URBANO* de 30 lotes, medidos por Estação Total a partir das estações Auxiliares (QUADRO 5.14) e (QUADRO 5.15); (FIGURA 5.13).

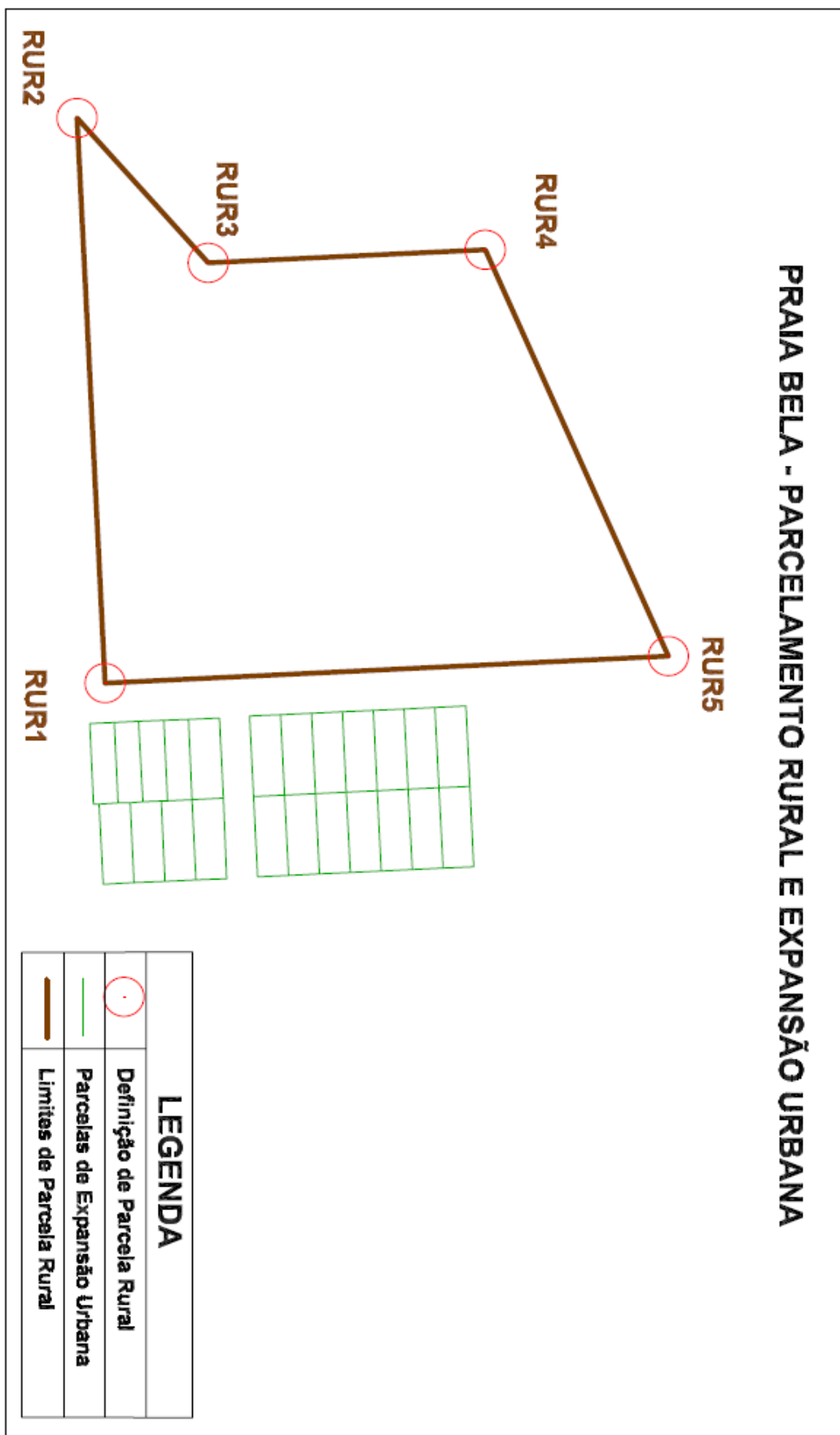


FIGURA 5.13 - PRAIA BELA – PARCELAS RURAL E URBANA

PARCELA RURAL - Características

- Localidade: PRAIA BELA, município de Alhandra - PB
- Levantamento efetuado por medições GPS;
- Utilização de 3 receptores geodésicos, tempo de rastreamento de 30 minutos, horizonte de observação de 15° e épocas de 10 segundos (distância entre as estações e os limites menores que 5 km);
- Medições efetuadas a partir de GPS3 e GPS4 simultaneamente para cada vértice da parcela rural;
- Cálculos e ajustamento efetuados com os softwares comerciais e critérios estatísticos de aceitação de 95%.

Abaixo quadro demonstrativo das coordenadas dos limites da área da parcela rural (QUADRO 5.14).

QUADRO 5.14 – COORDENADAS DA PARCELA RURAL.

LIMITES SIRGAS2000 – PARCELA RURAL			
RUR1		RUR2	
LAT= 7° 24' 32.4734"	$\sigma = 0.0441$ m	LAT= 7° 24' 32.8799"	$\sigma = 0.0012$ m
LON= 34° 48' 40.4503"	$\sigma = 0.0462$ m	LON= 34° 48' 49.6457"	$\sigma = 0.0013$ m
h = 43.373 m	$\sigma = 0.0864$ m	h = 50.023 m	$\sigma = 0.0018$ m
RUR3		RUR4	
LAT= 7° 24' 30.8127"	$\sigma = 0.0511$ m	LAT= 7° 24' 26.4269"	$\sigma = 0.0381$ m
LON= 34° 48' 47.2807"	$\sigma = 0.0590$ m	LON= 34° 48' 47.4755"	$\sigma = 0.0396$ m
h = 46.379 m	$\sigma = 0.0978$ m	h = 42.292 m	$\sigma = 0.0849$ m
RUR5			
LAT= 7° 24' 23.5550"	$\sigma = 0.0340$ m		
LON= 34° 48' 40.8523"	$\sigma = 0.0356$ m		
h = 21.836 m	$\sigma = 0.1068$ m		

PARCELAMENTO URBANO - Características:

- QUADRA 49 e QUADRA 51 – PRAIA BELA, município de Alhandra - PE
- Levantamento topográfico polar por Estação Total (com certificado de calibração);
- Valores médios das duplas medições efetuadas a partir de AUX1 e AUX2 com estação de ré GPS3 e AUX3 e AUX4 com estação de ré GPS4;
- Medições auxiliares de controle efetuadas à trena (calibradas pelo LaTop-DECart), e;
- cálculos efetuados em coordenadas em SIRGAS2000 (UTM-wgs84).

Abaixo é apresentado um quadro demonstrativo dos valores médios das coordenadas SIRGAS2000 dos limites das parcelas urbanas (QUADRO 5.15). As medições das parcelas foram efetuadas por topografia a partir da ocupação dos pontos da Rede de Levantamento – RL - (AUX1, AUX2, AUX3 e AUX4), com as visadas de ré nas estações GPS3 e GPS4 da RRCM da área. Os pontos foram medidos de, pelo menos, dois pontos da RL, de acordo com as especificações da ABNT para levantamentos topográficos cadastrais, além de medições lineares de amarração, efetuadas à trena. Como resultado, obteve-se o erro aparente ε_a (diferença entre o valor médio e os valores oriundos das medições realizadas) de cada ponto, cuja média dos valores absolutos desses erros foi de 3,2 cm. Considerou-se, para o cálculo da propagação dos erros influentes no valor das coordenadas finais, o valor $\sigma = 3,2$ cm como sendo a precisão relativa dos pontos dos limites das parcelas urbanas medidas. (QUADRO 5.15).

QUADRO 5.15 – Parcelamento Urbano - Praia Bela

Quadra 49 - UTM _{wgs84}				Quadra 51 - UTM _{wgs84}			
PTO	E(m) médio	N(m) médio	$s \approx \sigma$ (cm)	PTO	E(m) médio	N(m) médio	$s \approx \sigma$ (cm)
P001	300190.629	9180701.585	3,81	p051	300111.365	9180683.006	4.34
P002	300150.550	9180699.637	1,23	p052	300112.086	9180667.971	3.44
P003	300110.381	9180697.647	1.15	p053	300112.523	9180655.931	4.76
P004	300109.733	9180712.776	0.94	p054	300113.048	9180643.674	1.23
p005	300149.868	9180714.667	4.84	p055	300113.579	9180631.885	5.23
p006	300189.895	9180716.656	6.04	p056	300114.135	9180619.989	0.99
P009	300109.013	9180727.801	3.21	p057	300154.311	9180624.486	2.33
p008	300149.093	9180729.695	3.20	p058	300153.659	9180639.592	1.22
P007	300189.151	9180731.638	2.00	p059	300153.129	9180645.792	5.89
p010	300108.285	9180742.845	4.97	p060	300152.801	9180654.733	9.02
p011	300148.377	9180744.726	2.27	p061	300152.691	9180657.769	3.77
p012	300188.439	9180746.675	2.21	p062	300152.101	9180669.675	3.86
P015	300107.555	9180757.845	7.25	p063	300151.357	9180684.948	3.14
p014	300147.642	9180759.757	3.30	p064	300191.549	9180686.542	4.02
p013	300187.695	9180761.727	1.04	p065	300192.133	9180671.599	2.00
p016	300106.876	9180772.810	2.02	p066	300192.869	9180656.525	1.11
p017	300146.925	9180774.765	3.32	p067	300193.522	9180641.497	3.61
p019	300186.230	9180791.799	3.12	p068	300194.331	9180626.481	5.22
P021	300106.123	9180787.789	1.94	P070	300154.262	9180621.759	2.65
p023	300145.459	9180804.777	1.33	P071	300153.701	9180633.687	3.22
P024	300185.585	9180806.677	3.83				
p020	300146.181	9180789.781	4.92				
p022	300105.360	9180802.846	2.22				
P018	300186.964	9180776.797	2.31				

As precisões relativas da ordem do centímetro caracterizadas pelas medições topográficas, adicionadas às precisões posicionais das estações da RBMC, RRCM e RL, definem as precisões e exatidão das coordenadas dos pontos dos limites das parcelas em função da propagação do erro. Conforme visto em 2.7.1.3, com as considerações de PHILIPS e ROCHA (1999) para propagação do erro resultante desses fatores, têm-se:

σ_1^{14} : precisão das estações da rede fundamental ativa RBMC referenciado ao SIRGAS2000: $\sigma_1 = 0.28$ cm;

σ_2 : precisão da Rede de Referência Cadastral Municipal – RRCM da área (GPS1, GPS2, GPS3, GPS4): $\sigma_2 = 2.12$ cm;

σ_3 : precisão da Rede de Levantamento – RL (AUX1, AUX2, AUX3, AUX4): $\sigma_3 = 3.54$ cm, e;

σ_4 : precisão relativa dos pontos dos limites parcela $\sigma_4 = 3.2$ cm.

σ_F : precisão final do ponto com a influência da propagação do erro.

Pela fórmula 2.6 da propagação das covariâncias, têm-se:

$$\sigma_F^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

Então:

$$\sigma_F = (0.0784 + 4.4944 + 12.5316 + 10.24)^{1/2} = 5.23 \text{ cm}$$

Adicionalmente ao valor, deve ser considerada a influência da distorção linear acarretada pela projeção cartográfica nas distâncias, se for o caso.

5.3.3 - Considerações Sobre o Ensaio Praia Bela

As seqüências de procedimentos indicam, para área urbana, as ações de planejamento, de projeto e execução para implantação de redes de referencias cadastrais municipais, de redes auxiliares de levantamentos para atualização e expansão urbana e, de atualização cadastral, em concordância com as especificações das NBR14166 e NBR13133.

¹⁴ Para este caso, os valores σ_i correspondem a precisões resultantes das componentes este e norte, de cada ponto hierarquicamente envolvido. Como relação aos pontos medidos por topografia, definiu-se a precisão (σ_4) pela média dos valores médios de todos os pontos medidos.

Para área rural, indicam-se os procedimentos para o transporte das coordenadas para o “em torno da área”, a partir de pelo menos duas estações da RBMC; uma rotina de operações de medições, para identificação dos limites das parcelas por GPS e outras técnicas topográficas, cujas precisões, exatidões e metodologias, estejam em concordância com as normas institucionais vigentes (IBGE, ABNT, INCRA) e possam ser homologadas, neste caso, para o cadastro rural. Não deve haver dúvida sobre a unicidade do valor das coordenadas dos limites da parcela com exatidão e precisão pré-estabelecidos e aceitos pela legislação vigente, e representadas, preferencialmente no sistema do SGB, SIRGAS2000.

A implantação de uma RRCM, da RL e das medições topográficas dos limites das parcelas aqui apresentadas, sugerem um modelo de rotina de procedimentos para implantação de uma base cartográfica vinculada ao SIRGAS2000, elaborada com critérios técnicos, normativas e precisão. Traduz particularmente, aplicabilidade para cidades de pequeno porte devido ao baixo custo e rapidez na implantação.

Pode ser resumido como no QUADRO 5.16 a seguir:

QUADRO 5.16: PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA BASE CARTOGRÁFICA

ORDEM	PROCEDIMENTOS
01	Identificação da área (cidade, região, etc.).
02	Reconhecimento de campo (identificação num mapa e in locus).
03	Planejamento: <ul style="list-style-type: none"> - definir precisão desejada; - equipamentos utilizados; - custos (acessibilidade, ambiente circundante, logística, dimensões e densidade da rede, monumentalização, equipamento, pessoal qualificado (engenheiros e técnicos), processamento).
04	Projeto: <ul style="list-style-type: none"> - definir estações GPS de referência (Ativas e/ou passivas), - pelo menos três, para o transporte das coordenadas precisas para área; - definir estação (ões) de referência, na área, para o transporte de coordenadas precisas (servirá (ão) para densificação da RRCM); - definir distribuição espacial e densidade das estações da RRCM (considerar área urbana, de expansão urbana e rural, se for o caso); - definir distribuição espacial e densificação das estações da Rede de Levantamento RL (observar a intervisibilidade par a par),(considerar área urbana e de expansão urbana); - materialização e monumentalização das estações de referência, da RRCM e da RL.

	<ul style="list-style-type: none"> - técnica de medições, tempo de rastreio para cada uma das redes; - ajustamento do campo de pontos com 95% de confiança.
05	Materialização das estações.
06	Medições: <ul style="list-style-type: none"> - medições GPS para o transporte das coordenadas precisas a partir de, pelo menos, três estações de referência (IBGE), (Rede Ativa preferencialmente), ajustamento; - medições GPS para densificação da RRCM a partir da estação de referência com os respectivos cálculos e ajustamento; - medições GPS para densificação da RL a partir da RRCM com os respectivos cálculos e ajustamento; - medições GPS e/ou topográficas dos pontos limites de parcelas (urbanas ou rurais) com respectivos cálculos e ajustamento; - ajustamento em bloco de todo campo de pontos (RRCM, RL e pontos limites de parcelas) com injunções pontuais.
07	Representação Cartográfica, Sistema de Projeções: <ul style="list-style-type: none"> - de acordo com as especificações do INCRA (se for Rural); - Sistema Local, se for urbana.
08	Apresentação: <ul style="list-style-type: none"> - em meio digital (extensão compatível com a instituição adquirente) - em meio analógico (escala adequada ao objetivo da instituição)

5.4 – Considerações sobre os Ensaios

Os ensaios, João Pessoa, Salgadinho e Praia Bela, localidades de cartografia com problemas comuns e com problemas bem particulares, mas com necessidades semelhantes, de migrarem e vincularem-se ao SGB SIRGAS2000, a partir das suas bases cartográficas e dos levantamentos efetuados no sistema WGS84.

Os diagnósticos das discrepâncias entre sistemas medidos em mapas e de sistemas transformados, a partir dos levantamentos de campo, por técnicas e procedimentos distintos, indicam as limitações e aplicabilidades desses mapas já produzidos. Comparando e quantificando a precisão e exatidão das suas coordenadas e, também, das coordenadas dos novos pontos medidos e inseridos no contexto da região, cujos parâmetros de transformações são representativos com nível de significância predefinidos, pode-se estabelecer as limitações de uso desses mapas, para esse período de transição do SGB até 2015.

Particularmente, as cidades de João Pessoa e Salgadinho se caracterizaram por um diagnóstico à migração e utilização do mapeamento existente no sistema SAD69, utilizando medições efetuadas em WGS84, devidamente transformadas a um sistema comum (SAD69 ou SIRGAS2000), podendo efetuar a inserção de coordenadas sabendo-se da magnitude da incerteza espacial e das discrepâncias entre as transformações.

O ensaio Praia Bela, executado e representado no sistema SIRGAS2000, indica uma rotina de procedimentos para implantação de redes de referência cadastrais municipais, de redes de levantamento e de bases cartográficas, para áreas limitadas de poucos quilômetros quadrados, como uma cidade de pequeno porte, por exemplo.

Os resultados dos estudos de Salgadinho e Praia Bela, em conjunto, resultaram em recomendar uma rotina de procedimentos e regras para implantação de RRCM e bases cartográficas para áreas urbanas de cidades de pequeno porte, como é a maioria das áreas urbanas dos municípios brasileiros, com qualidade posicional de acordo com as normas vigentes e a baixo custo.

6 – CONSIDERAÇÕES RELEVANTES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Sistema Geodésico Brasileiro, desde janeiro de 2005 é o sistema geocêntrico SIRGAS2000; e, até 2015, de acordo com o Decreto nº 5334/2005, os outros sistemas de referências oficiais adotados, estarão migrando ou se adaptando ao novo SGB.

As adaptações se dão através das transformações entre sistemas de referências utilizando os parâmetros estabelecidos para o SGB e por determinação de parâmetros para transformações locais. Em seguida são analisadas as respectivas discrepâncias entre os pontos homônimos dos sistemas envolvidos e sugerido o método de ajustamento adequado, de modo que as precisões posicionais apresentem-se sobre a região com a mesma tensão.

Esses indicativos de valores de precisões posicionais uniformes são sugeridos para implantação do cadastro (rural e urbano). Daí conclui-se ser uma contribuição expressiva para regularização fundiária devido a singularidade na identificação de cada limite da parcela, que é única, universal e vinculada a um sistema de referência geocêntrico global, o SIRGAS2000.

6.1 – Considerações Relevantes

O título da tese “Cadastro de parcelas territoriais vinculado ao sistema de referência geocêntrico – SIRGAS2000” é sugestivo, veja por que.

Segundo o censo de 2000, existem no Brasil 5.564 municípios. 1570 têm mais de 20.000 habitantes; 1318 têm entre 10.000 e 20.000 habitantes e, 2676 têm menos de 10.000 habitantes (FIGURA 6.1).

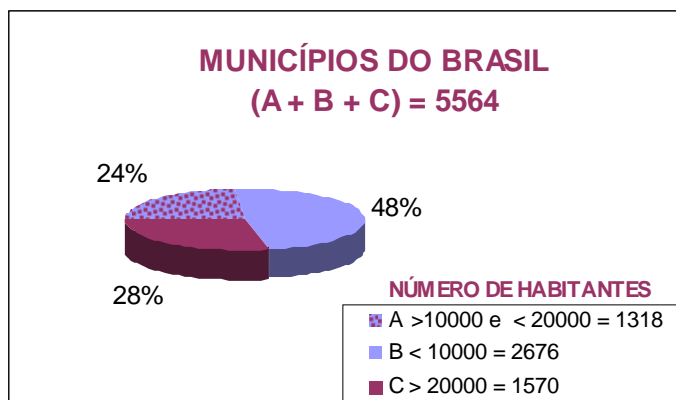


FIGURA 6.1: HABITANTES POR MUNICÍPIO

O Estatuto das Cidades, Lei nº 10.257/2001, regulamenta instrumentos urbanísticos e jurídicos para regularização fundiária, além da obrigatoriedade do Plano Diretor¹ em todos os municípios com mais de 20 mil habitantes. O estatuto das cidades não obriga o georreferenciamento do seu espaço; no entanto, a utilização dos cadastros multifinalitários passam a ser objetos de importância fundamental na gestão urbana e, são mais eficientes quando georreferenciados.

Com relação ao cadastro rural, o problema está equacionado para todos os municípios brasileiros, existe a Lei 10267-2001, sua regulamentação, normas e instituição credenciada o (INCRA) para a sua administração, logo, o georreferenciamento das suas parcelas ao SIRGAS2000 é uma questão de tempo.

Na atualidade, o cadastro urbano não tem uma legislação específica que estabeleça diretrizes para sua implantação e manutenção; desenvolve-se em cada prefeitura segundo as necessidades locais, muitas vezes de maneira improvisada e cara.

Algumas ações legislativas avançaram no sentido de indicar a necessidade do município executar seu cadastro imobiliário georreferenciado, com critério, a

¹ O Plano Diretor Municipal é o produto final de uma elaborada cadeia normativa, em que todos os aspectos do uso do solo serão considerados, desde os de segurança nacional até os de mera conveniência da população de bairros, avenidas e ruas. Deve se orientar pelo Estatuto da Cidade, que apresenta como conteúdo um complexo de normas legais, abrangendo o desenvolvimento econômico-social, o meio ambiente e o uso e ocupação do solo, projetados para um determinado período, para a vida municipal. Sendo um processo longo para aprovação, uma vez lei, obriga o município e os órgãos públicos federais, estaduais e metropolitanos à sua observância, assim como aos particulares (Galdino, et al 2002).

partir de uma base cartográfica confiável. A lei nº 10.257-2001 - Estatuto das Cidades – já citada; a Lei 10.931-2004 que permite a retificação administrativa da descrição dos imóveis – urbanos ou rurais – desde que apresentada em planta georreferenciada, além da Emenda Constitucional nº 42 - Do Sistema Tributário Nacional -, prevê que o Imposto Territorial Rural seja repassado integralmente para o município, desde que este se disponha a implantar e a administrar seu cadastro Rural. Com esses institutos, haverá interesse das cidades executarem seus cadastros de forma integrada (urbana e rural). Primeiramente com o objetivo arrecadatório e, em seguida como objeto de gestão (planejamento, financiamento, expansão urbana, etc.), caracterizando a sua multifinalidade, neste caso poderá ser denominado de Cadastro Municipal (abrange o urbano e o rural).

6.1.1 - Considerações Sobre o Cadastro para Cidades de Pequeno Porte

A maioria das cidades de pequeno porte – que não se enquadram no Estatuto das Cidades - não têm cadastro urbano, muito menos georreferenciado. Portanto, observa-se nitidamente uma demanda em potencial que, num futuro breve, estará precisando elaborar sua base cartográfica; basta surgir projetos estruturadores ou de investimento na região, que é uma tendência estratégica de desenvolvimento regional da atualidade. Pernambuco, por exemplo, desenvolve um projeto de interiorização do seu parque industrial através de incentivos fiscais e financiamento de infra-estrutura, proporcionando a inclusão social, a geração de emprego e fixa a população na sua região, evitando a migração para os grandes centros urbanos.

Os ensaios Salgadinho e Praia Bela apresentaram, como resultado, uma rotina de procedimentos para implantação de bases cartográficas (RRCM, Rede de Levantamento e a representação cartográfica da mancha urbana e de expansão urbana), imprescindíveis para execução do cadastro de múltiplos fins, vinculadas ao SBG SIRGAS2000, podendo ser direcionadas para cidades de pequeno porte, a custos baixos.

6.1.2 Considerações Sobre Outros Pontos Abordados

Entre outras considerações pertinentes, é válido ressaltar.

- A relevância da pesquisa literária sobre as cronologias históricas das ciências geodésicas e cartográficas, do sistema cadastral e da legislação, apresentada em forma de texto para conhecimento e consulta (capítulo 2).
- Apresentação da “parcela” como unidade territorial básica ideal para o cadastro, o registro imobiliário e para gestão do território. Conceituando-se com as seguintes características: continuidade espacial; unicidade dominial; e mesma situação jurídica e política, como mostrado no capítulo um.
- Ressalta-se também a criação do Banco de Coordenadas para o Brasil, como uma Instituição - multimantenedora das coordenadas georreferenciadas do território brasileiro - gerida interativamente com as instituições usuárias e produtoras de coordenadas.
- Analisou-se a propagação do erro e a precisão posicional dos limites de parcelas urbanas e rurais, sugerindo valor numérico para esses limites, particularmente para a parcela urbana, uma vez que para a parcela rural já está definido na regulamentação da Lei 10.267-01.

6.2 Conclusões

O objetivo principal desta tese consistiu de estratégias e procedimentos para vincular parcelas territoriais ao SIRGAS2000 e, também diagnosticar discrepâncias entre transformações de sistemas localizados, através da análise numérica e gráfica dos resíduos advindos dos cálculos e dos resultados das transformações de sistemas para áreas limitadas, considerando a qualidade e origem dos levantamentos cadastrais primitivos (existentes), dos diferentes sistemas do SGB envolvidos e da propagação do erro.

1 – Relativamente aos Ensaios João Pessoa e Salgadinho, resultaram as seguintes conclusões:

Depois de efetuados os ensaios João Pessoa e Salgadinho concluiu-se que as transformações de sistemas localizados, mostram-se muito úteis como procedimento

auxiliar para definição inequívoca dos limites de parcelas territoriais, utilizáveis no cadastro e no registro imobiliário.

A quantificação e localização das discrepâncias apresentaram distribuição aleatória na região considerada. Para João Pessoa variou de 2 cm a 12 metros (QUADRO 5.6) e para Salgadinho a variação foi de 2 cm a 5 metros (QUADRO 5.12). Concluiu-se que, mesmo passando nos testes de significância, alguns erros grosseiros permaneceram-se embutidos nas discrepâncias e que um procedimento de homogeneização por colocação, por exemplo, poderá identificar esses erros e excluir do processo.

A quantidade de pontos medidos no campo e seus homônimos medidos no mapa são substancialmente rejeitados (da ordem de 40%) em virtude da dúvida – gerada por várias causas já explicadas anteriormente – na identificação do ponto, nos dois sistemas. Conclui-se que, para melhores resultados, a distribuição dos pontos a serem levantados no campo e os medidos no mapa, seja estrategicamente planejada com superabundância para atingir o objetivo pretendido.

Concluiu-se também que, em virtude dos parâmetros de transformação oficiais do SGB (QUADRO 3.1) não retratarem fidedignamente todas as regiões do território brasileiro, as transformações localizadas auxiliam sobremaneira o refino dos valores finais das coordenadas em questão, portanto deve-se criar o hábito de efetuar essas transformações localizadas e identificar esses resíduos, sempre que efetuar medições de campo e queira inserir num mapa já existente.

Outras conclusões:

- a) As transformações entre sistemas do SGB com a utilização dos parâmetros oficiais não retratam a realidade local.
- b) Um diagnóstico das discrepâncias entre pontos levantados em campo e pontos representados em mapas, levados para o mesmo sistema de referência utilizando os parâmetros oficiais do SGB, mostrou necessidade de definir parâmetros locais para representar a realidade da precisão estimada. O diagnóstico das discrepâncias entre o campo de pontos de referência e o

campo de pontos transformado, mostrou a necessidade de homogeneização da região estudada, através de ajustamentos espaciais, como no capítulo 4.

- c) O ajustamento pelo método Combinado (ou conforme generalizado por MMQ) onde se consideram os dois campos de pontos como observação, logo com resíduos nos dois sistemas, mostrou-se eficiente e convergiu mais adequadamente aos critérios estatísticos de 95%, conforme Anexos A e B.

2 – Relativamente ao Ensaio Praia Bela, resultaram as seguintes conclusões:

O ensaio Praia Bela foi desenvolvido com o objetivo específico de disponibilizar ao mensurador uma rotina de procedimentos seqüenciais para implantação de base cartográfica (RRCM, RLL e a representação cartográfica da mancha urbana) diretamente vinculada ao SIRGAS2000, indo desde o planejamento e operacionalidade até a representação cartográfica do levantamento.

Considerando que na atualidade, a parcela territorial e o cadastro urbano, não têm uma legislação específica que estabeleça diretrizes de procedimentos para as medições nem de precisão posicional, estas se desenvolvem em cada prefeitura de acordo as necessidades locais. Observando estes aspectos, conclui-se que a disponibilização de uma rotina de procedimentos, de cálculos e indicativos de precisão, para o ambiente urbano que identifique inequivocamente, no sistema de referência SIRGAS2000, a parcela territorial, é muito oportuno na atualidade em virtude da grande demanda (2676 cidades (48%) dos municípios brasileiros com menos de 10.000 habitantes carecerem de cadastro urbano georreferenciado ao SIRGAS2000).

Os estudos sobre propagação de erros apresentados nesta tese sugerem valores médios de precisão posicional da ordem de 5 cm para os limites das parcelas urbanas (QUADRO 5.15 e as respectivas considerações)

Como resultado destas experiências, concluiu-se também que a implantação de uma base cartográfica implantada por GPS e por topografia automatizada, calculada e representada diretamente no sistema de referência SIRGAS2000 é

substancialmente mais econômica, rápida à implantação, absoluta e relativamente mais precisa.

Outras conclusões:

- a) A implantação de uma RRCM georreferenciada ao SIRGAS2000, concebida com critério técnico, com equipamento adequado, com metodologia específica e índice de operacionalidade criteriosamente estudado, somados ao advento da RBMC, facilitou a execução, melhorou a qualidade e barateou os custos da implantação da RRCM, da RL e das medições topográficas cadastrais.
- b) O ensaio mostrou que as especificações da NBR 13133-94, relativamente aos métodos de levantamentos topográficos, aos vários tipos de equipamentos da atualidade, das precisões nominais desses equipamentos e das novas técnicas operacionais, estão desatualizadas.
- c) Os levantamentos topográficos cadastrais efetuados a partir de duas ou mais estações de referência, adicionando a estas medições de controle, apresentaram-se mais eficientes e qualidade posicional de melhor precisão quando comparados com levantamentos executados a partir de apenas uma estação. Pontos levantados de mais de uma estação e com medições de controle adicionais dispõem do valor médio da coordenada, logo possibilitando as respectivas estimativas das precisões posicionais.
- d) O resultado do ensaio Praia Bela, combinado com a experiência do ensaio Salgadinho, mostrou uma rotina de procedimentos para implantação de uma base cartográfica (RRCM, RL e representação cartográfica das feições topográficas) que poderá ser seguida para implantação de bases cartográficas de pequenas cidades.

Como contribuição ao acervo bibliográfico, concluiu-se que a importância das cronologias históricas das ciências cartográficas e geodésicas, bem como da legislação cadastral brasileira são relevantes por disponibilizar ao leitor um texto abrangente e atual sobre esse assunto e, aos mais interessados em cada item, a respectiva fonte bibliográfica;

Conclui-se que é relevante e necessária, a definição da “parcela” como unidade territorial para o cadastro. Verificou-se também que o registro da parcela deve ser efetuado com os códigos dos limites e o mapa de localização georreferenciado e em escala, como no capítulo 2.

Concluiu-se que o dimensionamento da precisão posicional dos limites de parcelas urbanas, através de estudos de propagação de erros, conforme apresentado no capítulo 2 e dos valores resultantes do ensaio Praia Bela, sugerindo valores numéricos na ordem de 5 a 7 cm para esses limites, dependendo da situação econômico-social do território onde a parcela esteja inserida, é também uma contribuição de relevância, e pode ser complementada com outros estudos, visando à definição da precisão dos limites dos cadastros urbanos.

6.3 Recomendações

1 - Recomenda-se que, nessa fase de transição até 2015, com vigência os vários sistemas de referência oficiais do SGB, para a migração ao SIRGAS2000 sejam efetuados o diagnóstico de cada mapa de interesse (para inserção de pontos sobre o mapa ou para utilização de pontos extraídos do mapa) da seguinte maneira:

QUADRO 6.1 - PROCEDIMENTOS PARA DIAGNÓSTICO

ORDEM	PROCEDIMENTOS
01	Levantamento de campo de pontos identificáveis no mapa por tecnologia GPS que forneça as coordenadas em WGS84 (aplicar metodologia de medições e de cálculo como nos ensaios João Pessoa e Salgadinho); guardar os dados wgs84 originais independentemente de representação final das medições;
02	Medições no mapa, dos respectivos pontos homônimos, medidos no campo;
03	Transformação de sistema: através dos parâmetros oficiais do SGB para o sistema comum a ser representado (SAD69, Córrego Alegre, SIRGAS2000);

04	Definição dos parâmetros através de uma transformação conforme, método combinado, representativos para área de estudo, com critério de aceitação de 95%, usando o teste de significância, como no capítulo 5.
05	Aplicar esses parâmetros para as transformações localizadas dos pontos homônimos;
07	comparar os valores transformados com os valores homônimos de referência e analisar as discrepâncias numéricas e gráficas, através dos resíduos e de vetores de discrepância distribuídos sobre a área;
08	Utilizar os parâmetros para transformação de sistema, para outros pontos de interesse, levantados ou medidos no mapa, dependendo do sistema que foi definido como referência;
09	Verificar os resíduos e decidir sobre a aplicabilidade técnica e/ou sugerir um método de homogeneização se for o caso, conforme sugestões apresentadas em 4, desde que haja disponibilidade de softwares, ou limitar o uso dos dados à precisão encontrada.

2 – Recomenda-se estudos científicos - como tema de Tese - objetivando a criação do Banco de Coordenadas para o Brasil, como uma Instituição, multimantenedora das coordenadas georreferenciadas, do território brasileiro, gerida interativamente com as instituições usuárias e produtoras de coordenadas, como esboçado no capítulo 1.

3 - Adaptar a legislação brasileira no que tange às características dos limites do imóvel. Considerar a “parcela” como unidade territorial e que o registro do imóvel seja acompanhado de um mapa georreferenciado ao SIRGAS200, caracterizando o número dos pontos dos limites da parcela, sem, contudo, acompanhar o valor das respectivas coordenadas que estará disponível na instituição oficial “Banco de Coordenadas”, como parte do documento de registro, conforme capítulo 1.

4 – Recomenda-se a atualização das especificações NBR 13133-94 relativamente aos métodos de levantamentos topográficos, às classes de levantamentos, aos vários tipos de equipamentos da atualidade, das precisões

nominais desses equipamentos e das novas técnicas operacionais, que estão em franca utilização na atualidade e precisam ser inseridas nessa NBR.

5 – Recomenda-se como sugestão à implantação de bases cartográficas referenciadas ao SIRGAS2000 (RRCM, RL e representação cartográfica da mancha urbana e de expansão urbana), para cidades de pequeno porte², a utilização das especificações de planejamento, projeto e execução conforme as rotinas de procedimentos apresentadas nos ensaio Salgadinho e Praia Bela, sintetizadas no quadro 5.16.

Considera-se município de pequeno porte, aquele com população menor que 20 mil habitantes e, portanto, excluído da exigência do plano diretor (salvo aqueles que têm características especiais), possuir um instrumento de planejamento e arrecadação compatível com suas necessidades e possibilidades econômicas.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Carlos Aluísio Mesquita de; NIEVINSKI, Felipe Geremia e ROCHA, Ronaldo dos Santos. Avaliação da Transformação de Coordenadas Geodésicas usando diferentes métodos e Parâmetros para o Brasil. in: V COBRAC, V. out./2002, Florianópolis: UFSC-ECV - Grupo de Cadastro Técnico. Anais em CD, 2002. Anais em CD-ROM.

ALMEIDA, Tabosa de. *O Cadastro e o Registro Imobiliário no Brasil*. Revista de Direito Imobiliário, n.9, jan/jun-1982. Disponível em: <http://www.irib.org.br/rdi/rdi09-041.htm>. Acesso em: 08/09/2000.

ARGESEANU, V. Three Dimensional Adjustment of a Terrestrial Geodetic Network – A Collocation Solution. Department of Civil Engineering and Surveying, the University of Newcastle. Australian Journal of Geodesy, Photogrammetry and Surveying, Nº 44, pp. 1-37, june, 1986.

ARCHELA, Rosely Sampaio. Cronologia da Cartografia no Brasil. Portal da Cartografia. 2003, UEL: <http://www.uel.br/projeto/cartografia> – acesso em 21/01/2005.

ASSOSCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR- 5676 – Avaliação de Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro. 1990.

ASSOSCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR-13133 – Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro. 1994.

ASSOSCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR 14166 - Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimentos. Rio de Janeiro. 1998.

AYRES JR, FRANK. Equações Diferenciais – Coleção Shaum – ed. McGraw – Will Ltda, São Paulo – SP – 1992, 397p.

AWANGE JOSEPH, L. Integrating the Global Positioning System (GPS) with the Local Positioning System (LPS)- The Threedimensional Orientation Problem. A thesis Submitted in partial fulfilment for the requirements of the commencement of the Ph.D. studies in Geodesy, Institute of Geodesy and Geoinformatics University of Stuttgart. March, 1999.

AWANGE JOSEPH, L. Gröbner bases, multipolynomial resultants and the Gauss-Jacobi combinatorial algorithms -adjustment of nonlinear GPS/LPS observations- Von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung. Dissertation (D93), Geodätisches Institut der Universität Stuttgart, 2002.

BAKKER, Mucio Piragibe Ribeiro de. CARTOGRAFIA – Noções Básicas. DH-21-1. Diretoria de Hidrografia e Navegação – DRH. Rio de Janeiro – RJ. 1965. 241p.

BANNISTER, A., RAYMOND, S., BAKER, R. Surveying. 6a ed. Longman Scientific & Technical. England, 1992.

BLACHUT, T.J. CHRZANOWSKI, A. SAASTAMOINEN, J.H. *Cartografía y Levantamientos Urbanos*. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Springel - Verlang. New York Inc. 1979.

BRANDÃO, A. C., et al. Exatidão Posicional do Cadastro Imobiliário. In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre, out. 2001. Anais em CD-ROM.

BRANDÃO, A. C., et al. A Inconsistência Métrica / Cartográfica na atual legislação Territorial Brasileira In:IV COBRAC, IV. out./2000, Florianópolis: UFSC-ECV - Grupo de Cadastro Técnico. Anais em CD, 2000. Anais em CD-ROM.

BRANDÃO, A. C. O. Princípio da Vizinhança Geodésica no Levantamento Cadastral de Parcelas Territoriais. Tese de Doutorado. UFSC. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 2003. 120p.

BRANDÃO, A.C.; PHILIPS, J.; FILHO, A.V. dos S. Aperfeiçoamento da Medição Cadastral de Imóveis Rurais à Luz da Lei 10267/2001. In: VI COBRAC, outubro 2004, Florianópolis: UFSC-ECV. Anais em CD ROM.

BRASIL. Lei 3071/1916 - Código Civil Brasileiro. 1916.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. 1934.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. 1946.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. 1967.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. 1988.

BRASIL. Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências.

BRASIL. Decreto 4.449 de 30 de outubro de 2002. Regulamenta a Lei 10.267 de 28/08/2001.

BRASIL. Lei 10.406, de 10 de janeiro de 2002. O Novo Código Civil, a partir de 10/01/2003.

BURITY, E. F. A Carta Cadastral Urbana: Seleção de dados a partir da análise das necessidades dos usuários. Tese de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro. 1999. 106 p.

CARNEIRO, A.F.T. *Uma proposta de reforma cadastral visando a integração entre Cadastro e Registro de Imóveis*. Tese de Doutorado. UFSC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2000. 180p.

CARNEIRO, Andréa F. T., LOCH, Carlos, JACOMINO, Sérgio. *Tendências do Cadastro Imobiliário*. Revista de Direito Imobiliário, n.48, janeiro/junho de 2000, p.233-244.

CARNEIRO, A. F. T. Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis: A Lei N. 10.267/2001, Decreto N. 4.449/2002 e Atos Normativos do INCRA. IRIB - Instituto de Registro Imobiliário do Brasil. Ed. Sérgio Antônio Fabris Editor. Porto Alegre – RS. 2003. 272 p.

CARVALHO, Paulo Roberto Carneiro de. *Estudo das Distorções do Sistema Geodésico de Referência da Região Metropolitana do Recife*. Dissertação de Mestrado. CTG UFPE. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife – PE. 92p.

CARVALHO, Afrânio de. *Registro de Imóveis*. 4ª ed. Ed. Forense. Rio de Janeiro, 1997. 505p.

CHAGAS, Carlos Braga. *Ainda sobre o Planejamento e a Coordenação das Atividades Cartográficas dos Órgãos Oficiais, Cíveis e Militares*. ANUÁRIO DA DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO – Estado maior do Exército. Rio de Janeiro, n.16, 1966.

CHAGAS, MARCO AURÉLIO DE ABREU. A Doutrina da função social da propriedade. In: JORNAL JURÍDICO DA INTERNET. www.direito.com.br/Doutrina - acessado em 18/03/2002.

CINTRA, Jorge Pimentel. *A primeira base Geodésica do Brasil*. Departamento de Engenharia de Transportes – Escola Politécnica – USP. São Paulo, 2003.

CINTRA, Jorge Pimentel. *Teodoro Sampaio, Cartógrafo*. Departamento de Engenharia de Transportes – Escola Politécnica – USP. São Paulo, 2002.

COMMITTEE ON GEODESY. *Procedures and Standards for a Multipurpose Cadastre*. National Academy Press. National Research Council. Washington, DC, 1983.

COSTA, Moisés Ferreira. *Modelagem da Função Covariância para Transformação de Referenciais Geodésicos por Colocação*. Tese de Doutorado. UFPR. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR. 2003. 131p.

Conselho Nacional de Geografia - Atividades. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro. ed. IBGE ano XVIII, nº 3, p.157-160, jul./set.1956.

CREMONA PARMA, G. C. Métodos das Camadas na Cartografia Cadastral. Uma alternativa para organização de dados e informações geográfica. Dissertação de Mestrado. UFSC. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – área de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial. Florianópolis – SC, 2003. 160 p.

CREMONA PARMA, G.; GALDINO, C. A. P. M. A Influência da Propagação do Erro Posicional no Cálculo de Áreas de Parcelas Territoriais. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, out/2003, Belo Horizonte: SBC - Anais em CD, 2003.

CREMONA PARMA, G. C. Cartografia e História: Nada Casual, Tudo Causal..... procurar a site 2004

CROSS, P. A. *Computer Aided Design of Geodetic Networks*. In: International Symposium on Geodetic Network and Computations. Munche: 1982. v.3, 157p. p.13-21.

DALE, Peter F.. Los Levantamientos Cadastrales y el de la Propriedad da Terra. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION – Roma: FAO. 1996.

DALMOLIN, Quintino. *Ajustamento por Mínimos Quadrados*. UFPR. Curitiba, 2002. 174p.

DETREKOI, Ákos. *Data Quality in GIS Environment*. In: BÄHR, H. P., VÖGTLE, T. GIS for Environmental Monitoring. Stuttgart: Schweizerbart, 1999. 360p.

DILßNER, Florian. Transformation von GPS-Messungen in die Amtlichen Bezugssysteme bei der Nutzung von RTK-GPS und SAPOS-Diensten. Diplomarbeit. Universität Hannover - Institut für Edmessung – Hannover. Alemanha. 1999 104p.

EBERL, Horst Karl Dobner. *Sistemas Cadastrales* . Mexico, 1982.

ERBA, D.A., LOCH, C. *A Lei Nacional de Cadastro: uma necessidade urgente do Brasil*. Anais do VII CONEA. Salvador, 1996. p411-416.

ERPEN, Décio Antônio. *O Registro Torrens e o Sistema Imobiliário Atual*. Revista de Direito Imobiliário, n.19/20, jan/dez-1987. Disponível em: <http://www.irib.org.br/rdi19-20-060.htm>. Acesso em: 11/04/2003.

FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DES GEOMETRAS – FIG. Cadastre-Summary for Commission 7. (versão: inglês/português). Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br/Gutenberg/FIG/Statement/Estatuto.html> acessado em 19/03/2002.

FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DES GEOMETRAS – FIG. Declaração sobre o Cadastro. (versão brasileira). Bureau, Camberra, Áustria. 1995. Disponível em: http://www.fig7.org.uk/publications/cadastre/Statement_on_cadastre.html acessado em 27/02/2005.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Dicionário Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa. Versão 3.0. Disponível em: <http://www.uol.com.br/aurelio/>>. Acessado em março 2005.

FREITAS, Silvio Rogério Correia de. Sistema Geodésico de referência e Bases cartográficas: Parte I – Aspectos Introdutórios. Departamento do Geomática – Setor de Ciências da terra. Curitiba – UFPR. In: Palestra Projeto PADCT UFPE/UFPR – Recife - Pe 16 a 19/03/2005.

FILHO, MOYSÉS CASTELLO BRANCO, General. A Missão Austríaca e o Serviço Geográfico do Exército: 1920-1970. Brasília: Departamento de Engenharia e Comunicações – Diretoria do Serviço Geográfico. 1970.

FILHO, MOYSÉS CASTELLO BRANCO. História do Serviço Geográfico do Exército: 1890 -1978. Diretoria do serviço Geográfico. Rio de Janeiro. Ed. Departamento de Engenharia e Comunicação. 1978. 100p.

GALDINO, C. A. P. M.; ALBERTO, de P. J. ; Araújo, M. P de; PHILIPS, J. Terrenos de Marinha – Problemas e Conjecturas In: V COBRAC, out./2002, Florianópolis: UFSC–ECV - Grupo de Cadastro Técnico. Anais em CD, 2002.

GALDINO, CARLOS ALBERTO PESSOA MELLO. Cadastro Napoleônico. Seminário acadêmico da disciplina Sistemas Cadastrais - ECV-4108. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis – SC. 2002.

GALDINO, C. A. P. M. et al. Legislação Urbana. Seminário acadêmico da disciplina Gestão Urbana - ECV-4117. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis – SC. 05/2002.

GALDINO, C. A. P. M.; ARAÚJO, M. P. S. de; SANTOS, M. A. dos. Limites de áreas de pesquisa e exploração mineral: controle, definição e locação. In: VI COBRAC, out./2004, Florianópolis: UFSC–ECV - Grupo de Cadastro Técnico. Anais em CD, 2004.

GARCÍA, Eduardo José Martínez. *Relaciones Catastro – Registro*. Revista de Direito Imobiliário, n.48, janeiro/junho de 2000, p.151-174.

GEMAEL, C. Introdução à Geodésia Geométrica. 1ª parte. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR. Curitiba - PR. 1977.

GEMAEL, C. Introdução ao Ajustamento de Observações – Aplicações Geodésicas. Ed. UFPR. Curitiba PR. 1994. 319p.

GEMAEL, C. Introdução Geodésia Física. Ed. UFPR. Curitiba, PR. 1999. 297p.

HASENACK, Markus. *Originais de Levantamento Topográfico Cadastral – Possibilidade de sua utilização para a garantia dos limites geométricos dos bens imóveis*. Dissertação de Mestrado. UFSC. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2000.

HETTWER, J. Numerische Methoden Zur Homogenisierung Grosser Geodatenbestände. Von der Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation. Veröffentlichung des Geodätischen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen – Nr. 60. Aachen: 2003. 112p.

IBGE. Atividades do Conselho Nacional de Geografia. In: Revista BRASILEIRA DE GEOGRAFIA, ano XVIII, jul/1956, p157-160.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Resolução nº 23. Parâmetros de Transformação de Sistemas Geodésicos, Rio de Janeiro – RJ, 1989

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS: Preliminares, Rio de Janeiro – RJ, 1992.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos: Coletânea das Normas vigentes, Rio de Janeiro – RJ, 1998.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Referenciais Geodésicos Brasileiros: Passado Presente e Futuro: Documento Preliminar – Texto para discussão. Rio de Janeiro – RJ. 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Proposta Preliminar para a Adoção de um Referencial Geocêntrico no Brasil: Documento Preliminar – Texto para discussão. Rio de Janeiro – RJ. Outubro, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto Mudança do Referencial Geodésico. Diretoria de Geociências. Informativo Geocêntrico. Ano 1, nº 1. Rio de Janeiro: Departamentos de Cartografia e Geodésia. 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeto Mudança do Referencial Geodésico. Diretoria de Geociências. Informativo Geocêntrico. Ano 2, nº 1. Rio de Janeiro: Departamentos de Cartografia e Geodésia. 2003.

IDOETA, I. *Cadastro Imobiliário e Registros Públicos*. Anais do VII CONEA. Salvador, 1996. p. 354-362.

INCRA. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 11, DE 4 DE ABRIL DE 2003. Aprovada pela Resolução/CD nº 7, de 04/04/03 – DOU 16/04/03 seção 1, p. 101.

ITESP. *Terra e Cidadãos: Aspectos da Regularização Fundiária no Estado de São Paulo*. n.4 . São Paulo: ITESP, 1998. 128p. Série Cadernos ITESP.

JACOMINO, SÉRGIO. Imóveis Urbanos Georreferenciados – IRIB – Boletim Eletrônico 1582. São Paulo 03/03/2005.

KATASTERAMENT HANNOVER: Servicio Catastral de Hanóver – catastro de bienes, mediciones, cartografia, régiemen de tierras, valuación de terrenos y solares. Hannover: Karmarschstraße, 23. [1980].

KAUFMANN, J.; STEUDLER, D. Cadastre 2014 – A Vision for a Future Cadastral System. FIG, Commission 7, 1998.

KAHMEN, Herbert; FAIG, Wolfgang. Surveying. Berlin: Walter de Gruyter, New York, 1988. 385p.

LARSSON, G. Land Registration and Cadastral Systems. British Library Cataloguing in Publication Data. UK, 1991.

LIMA, RUY CIRNE. Pequena História Territorial do Brasil – Sesmarias e Terras Devolutas. São Paulo: Secretaria de Estado da Cultura, Fac-símile da 4ª edição. 1990.

LONDE, Michael D. Standards and Guidelines for Cadastral Surveys Using Global Positioning Methods. In: XXII Congresso Internacional da FIG. Washington, DC USA, abr. 2002.

MCLAUGHLIN, J. *Maritime Cadastral Accuracy Study*. Land Registration and Information Service Technical Report. New Brunswick. Fredericton. Canadá. 1997.

MCLAUGHLIN, J. *An Introduction to Cadastral Surveying*. Department of Surveying Engineering. University of New Brunswick. Canadá, 1973. 102p.

MELLO, M. P. de. Cinquenta Anos de IBGE: A Geodésia e a Cartografia (1936 – 1986). Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, n. 40, p.62-67, jul/1986.

MELO, Marcelo Augusto Santana de. Breves anotações sobre o Registro de Imóveis . Jus Navigandi, Teresina, a. 8, n. 429, 9 set. 2004. Disponível em: <<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=5669>>. Acesso em: 18 abr. 2005.

MILLER, Axel Gehard. Considerações Sobre a Implantação de um Sistema de Medições cartográficas para uma Região Metropolitana. In: X CONGRESO

BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, X. JUL/1981, Brasília: Sociedade Brasileira de Cartografia, Anais, 2º volume. 1981. p. 403-433.

MONDON, Emmanuel. Le savoir-faire cadastral français, un atout pour l'export. Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes, Boulevard Pythagore – 7200 Le Mans – Memorial para obter o Diploma de Engenheiro – E.S.G.T – 1998. publicação extraída de <http://www.esgt.cnam.fr> acesso em 04/2002.

MONICO, J. F.G. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações. Ed. UNESP, São Paulo – SP . 2000, 287p.

MONICO, J. F.G e Silva, É. F. da. Controle de Qualidade em Levantamentos no Contexto da Lei Nº10267. Anais do II Colóquio de Ciências Geodésicas. Curitiba: Maio/2003.

MORITZ, H. 1976 Covariance Functions in Least Squares Collocation. Report Nº 240, The Ohio University, Department of Geodetic Science. Columbus, 1976.

MORAES, Carlito Vieira. *Aprimoramento da concepção do modelo geodésico para a caracterização de extremas no espaço geométrico*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR. Curitiba. 2001.

MUBDJP - MAPA URBANO BÁSICO DIGITAL DE JOÃO PESSOA . Termo de Referência. Prefeitura Municipal – Secretaria de Planejamento. João Pessoa – PB. 1997.

MUBDJP - MAPA URBANO BÁSICO DIGITAL DE JOÃO PESSOA. Relatório Preliminar de Aerotriangulação. Prefeitura Municipal – Secretaria de Planejamento. João Pessoa – PB. 1998.

OLIVEIRA, Isabel Cristina Eiras de. Estatuto da Cidade para compreender. Rio de Janeiro:IBAM/DUMA, 2001, 64p.

OLIVEIRA, Rafael Fiorott; SILVA, Raquel Radde da e CELESTINO, Vivian da Silva. Geração de Base Cartográfica e Implantação de Rede Geodésica Local para Gerenciamento de Campus Universitário. TCC de Engenharia Cartográfica. Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Santos da Rocha. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2005. 125p.

PHILIPS, Jürgen. *Fé Pública para as Coordenadas do Cadastro de Bens Imobiliários!*. IX Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura e Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais. Porto Alegre, 2001.

PINHO, Evangelina. Entrevista: Hoje existe uma aproximação muito maior dos Registros com os Órgãos Públicos. IRIB-ANOREG. São Paulo: BE-1490, ano IV – 13 de janeiro 2005.

RAMBO, Luiz Inácio. *Retificação Administrativa de Limites, Confrontações e Áreas de Terrenos Urbanos junto ao Registro de Imóveis a partir de dados do Cadastro*

Imobiliário Urbano. Dissertação de Mestrado. UFSC. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2000.

RAISZ, Erwin Josephus. *Cartografia Geral*. Rio de Janeiro: Científica, 1969, 414p.

REGISTRADORES DE ESPANHA. Informação Registral. Base Gráfica Registral. <http://www.registradores.org> acesso 12/12/2003.

ROCHA, R. S. Exatidão cartográfica para as cartas digitais urbanas. Tese de Doutorado. UFSC. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002.

RODRIGUES, L. V. Datum de Córrego Alegre: breve resumo histórico. Julho/83. Trabalho não publicado.

ROMÃO, V.M.C., et. al. Rede de Referência Cadastral Municipal - Uma proposta do Grupo de Trabalho de Cadastro Municipal do DECart – UFPE. Anais do II COBRAC, Florianópolis – SC. 1996.

ROMÃO, Verônica Maria Costa; SILVA, Tarcísio Ferreira e SILVA, Antônio Simões. A Lei 10.267 e a Norma 14.166: Procedimentos para o Georreferenciamento. Anais do V COBRAC, Florianópolis – SC. 2002.

SABBAT, ALBERTO DI. Perfil dos proprietários/detentores de grandes imóveis rurais que não atenderam à notificação de Portaria 558/99. Departamento de Economia da Universidade Federal Fluminense – Consultoria do Projeto: FAO/INCRA. Janeiro de 2001. disponível em:

[http://www.incra.gov.br/ htm/serveinf/ htm/grilagem/grilagem1.htm#acima](http://www.incra.gov.br/htm/serveinf/htm/grilagem/grilagem1.htm#acima), acessado em 13/03/2005.

SALZMANN, M. A., HOEKSTRA, A. V., SCHUT, T. G. *Quality Issue in Cadastral Map Renovation*. Proceedings Workshop Quality Assurance in Large-Scale Mapping. JEC-GI'97, Vienna, April, 1997.

SANTOS, Marcelo C. e BENEVIDES, Paulo R. C. S. Modelling of a Local Non-Geocentric Reference Frame Using a Densification of ITRF in Brazil. Departamento de Geodésia e Geomática da University of New Brunswick, Canadá. 2001.

SESSER, Miguel A. A. *Análisis del Anteproyecto de Ley Catastral*. In: Primeras Jornadas Catastrales del Mercosur. Santa Fé e Paraná – Argentina, 1999.

SILVA, Tarcísio Ferreira. *Um conceito de cadastro metropolitano*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR. Curitiba, 1979. 112p.

SECRETARIA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO - SPU. História: Origem das Terras Públicas e do Órgão.

<http://www.spu.planejamento.gov.br/conteudo/apresentacao/apresentacao.htm>, acesso em 10/03/2005.

SEEBER, Günter. Satellite Geodesy: foundations, methods and applications. 2.ed. Berlin: W de G, 2003. 598p.

SEEBER. Günter. Estado e Perspectivas do GNSS: Aplicações na geodésia, engenharia civil e oceanografia. Curso de Extensão, 4-8 de out. 2004, Recife: UFPE, notas de aula. reprodução xerográfica.

SILVA, Antônio Simões. Optimisation of Surveying Monitoring Networks. Tese de Doutorado. University of Nottingham. 1996. 167p.

SILVA, A. S.; ROMÃO, V. M. C. Ajustamento livre e cadastro. In: V COBRAC, V. out./2002, Florianópolis: UFSC–ECV - Grupo de Cadastro Técnico. Anais em CD, 2002.

SILVA, Edna Lúcia e MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 3ª ed. Florianópolis: UFSC – Laboratório de Ensino a Distância. 2001. 121p.

SILVA, Daniel Carneiro da; CARNEIRO, Márcia Cristina de Souza Matos; BRAGA, Antônio de Pádua Gelenke. Balanço do Plano Cartográfico do Nordeste com a Extinção da SUDENE. In: V COBRAC, V. out./2002, Florianópolis: UFSC–ECV - Grupo de Cadastro Técnico. Anais em CD, 2002

SILVA, T. FERREIRA. Um Conceito de Cadastro Metropolitano. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR. Curitiba, 1979. 112p.

SOTO, Hermando de. Um Povo de Ilegais. Entrevista publicada em DIE ZIET – revista semanal alemã – em 25/01/2005. disponível em http://geodesia.ufsc.br/wiki-ctm/index.php/Um_povo_de_ilegais acessado em 04/04/2005

SUDENE. Primeiro Plano Diretor de Desenvolvimento do Nordeste 1961/1963. Recife. Gráfica Editora NAP.1960.

SUDENE. II Plano Diretor para o desenvolvimento econômico e social do nordeste 1963/1965, Recife: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste 1966a.

SUDENE. III Plano Diretor para o desenvolvimento econômico e social do nordeste 1966/1968. Recife: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 1966b.

SUDENE. IV Plano Diretor para o desenvolvimento econômico e social do nordeste: 1969/1973. Recife: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 1968.

SUDENE. Atlas de recursos naturais do nordeste. Recife: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 1974.

SUDENE. Catálogo de publicações editadas pela SUDENE 1959-1994. Recife: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 1994.

SUDENE. Catálogo das Cartas Topográficas do nordeste do Brasil - escala 1:100.000. Recife : Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 1997.

SOUZA, Genival Corrêa de; MAIA, Tule César Barcelos e SILVA, Carlos Augusto Uchôa da. Pontos GPS de Apoio ao Cadastro: Análise de Exatidão Posicional entre diferentes condutas para obtenção de Coordenadas. In: V COBRAC, V.out./2002, Florianópolis: UFSC-ECV - Grupo de Cadastro Técnico. Anais em CD, 2002.

SOUZA, Genival Corrêa de. Operacionalidade de Redes Geodésicas de Apoio ao Cadastro Rural. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo - Área Engenharia de Transporte. São Carlos, 2004.

SOUZA, Dalmy Antônio Álvares Rodrigues de. A primeira Cadeia de Triangulação Geodésica do IBGE. In: Notas de um Geodesta do IBGE, nos arquivos da COCAR.1984.

TELLES, PEDRO CARLOS DA SILVA. História da Engenharia no Brasil: século XX – segundo volume – Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos S/A, p637-640. 1984.

TORGE, W. Geodesy, 2nd Edition, de Gruyter. 1991.

TULADHAR, A.M. *Spatial Cadastral Boundary Concepts and Uncertainty in Parcel Based Information System*. In: Anais do International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, v. XXXI, Part B3, Vienna, 1996.

VANICEK, P; KRAKIWSKI, E.J. Geodesy: The Concepts. North Holland, Amsterdam. 1982.

VONDERROHE, Alan. *Positional Accuracy Standart, Adjustments, and the Multipurpose Cadastre: Some Research Issue*. Surveying and Mapping, Vol.46, N.2, p.131-135.

WILLIAMSON, Ian. *Surveying and Mapping Legislation – Lessons Learnt*. In: 6th United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas, New York, 1997.

WITT, B.; SCHIMIDT, H. Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen. –3., Neuarbeitete Auflage – Stuttgart: Witter, 1995, p.67-69. 748p.

WOKOWSKI, S; EARL WILLIAN. Cálculo com Geometria Analítica ed. McGraw-Will, 1926 – 741p.

WOLF, Paul R. e GHILANI, Charles D. Adjustment Computations – Statistics and Least Squares in Surveying and GIS. 3ª ed. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1997. 564p.

A N E X O S

ANEXO – A

ESTAÇÕES DA RBMC (RECIFE –PE) (CRATO – CE) (SALVADOR – BA) (FORTALEZA-CE)

ESTAÇÃO RBMC: RECF


RECIFE – PE

 Diretoria de Geociências Coordenação de Geodésia		RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo Relatório de Informação de Estação Estação Recife - RECF	
0. Formulário			
Preparado por	-	Equipe Técnica da RBMC - "Centro de Controle Kátia Duarte Pereira"	
Data	-	2 – fevereiro – 2000	
Atualização	-	25 – fevereiro – 2005	
Inclusão das coordenadas em SIRGAS2000			
1. Identificação da estação GPS			
Nome da Estação	-	Recife	
Ident. da Estação	-	RECF	
Inscrição no Monumento	-	chapa de metal cravada na face sul, inscrição SAT 93110	
Código Internacional	-	93110	
Informações Adicionais	-	Esta estação pertence a Rede de Referência SIRGAS e à Rede de Densificação do IGS	
2. Informação sobre a localização			
Cidade	-	Recife	
Estado	-	Pernambuco	
Informações Adicionais	-	A estação consiste de um pilar de concreto dotado de dispositivo de centragem forçada, localizado no telhado do prédio da biblioteca, no Campus da Universidade Federal de Pernambuco –UFPE.	
3. Coordenadas oficiais			
3.1) SIRGAS2000 (Época 2000.4)			
Latitude:	8° 03' 03,4697" S	Sigma:	0,001 m
Longitude:	34° 57' 05,4591" W	Sigma:	0,002 m
Alt. Elip.:	20,18 m	Sigma:	0,002 m
Alt. Orto.:	26,07 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2004
UTM (N):	9.109.554,895 m		
UTM (E):	284.931,043 m		
MC:	- 33		
3.2) SAD-69			
Latitude:	8° 03' 01,9813" S	Sigma:	0,026 m
Longitude:	34° 57' 04,3018" W	Sigma:	0,026 m
Alt. Elip.:	48,74 m	Sigma:	----
Alt. Orto.:	26,12 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2004
UTM (N):	9.109.597,729 m		
UTM (E):	284.965,491 m		
MC:	- 33		

ANEXO –A

ESTAÇÃO RBMC: CRAT

CRATO - CE

	Diretoria de Geociências	RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo	
	Coordenação de Geodésia	Relatório de Informação de Estação	
		Estação Crato - CRAT	

0. Formulário

Preparado por - Equipe Técnica da RBMC - "Centro de Controle Kátia Duarte Pereira"
 Data - 05 – fevereiro – 2001
 Atualização - 25 – fevereiro – 2005
 Inclusão das coordenadas em SIRGAS

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação - Crato
 Ident. da Estação - CRAT
 Inscrição no Monumento - Não há inscrição
 Código Internacional - 92300
 Informações Adicionais - Esta estação pertence à Rede de Referência do SIRGAS e a Rede de Densificação do IGS.
 Estação coincidente com a RN 2791D que se encontra em cálculo

2. Informação sobre localização

Cidade - Crato
 Estado - Ceará
 Informações Adicionais - A estação consiste em um pilar de concreto dotado de um dispositivo de centragem forçada, localizado no Campus da Universidade Regional do Cariri (URCA).

3. Coordenadas oficiais

3.1) SIRGAS2000 (Época 2000,4)

Latitude:	7° 14' 16,8673" S	Sigma:	0,001 m
Longitude:	39° 24' 56,1798" W	Sigma:	0,002 m
Alt.Elíp.:	436,05 m	Sigma:	0,002 m
Alt.Orto.:	446,58 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2004
UTM (N):	9.199.917,893 m		
UTM (E):	454.119,207 m		
MC:	- 39		

3.2) SAD-69

Latitude:	7° 14' 15,4144" S	Sigma:	0.0210 m
Longitude:	39° 24' 54,8826" W	Sigma:	0.0211 m
Alt.Elíp.:	462,29 m	Sigma:	-----
Alt.Orto.:	446,57 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2004
UTM (N):	9.199.959,790 m		
UTM (E):	454.158,780 m		
MC:	- 39		

ESTACÃO RBMC: SALV

SALVADOR - BA



Diretoria de Geociências
Coordenação de Geodésia

RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
Relatório de Informação de Estação
Estação Rio de Janeiro - RIOD

0. Formulário

Preparado por - Equipe Técnica da RBMC - "Centro de Controle Kátia Duarte Pereira"
 Data - 02-fevereiro-1999
 Atualização - 25 - fevereiro - 2005
 Inclusão das coordenadas em SIRGAS2000

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação - Salvador
 Ident. da Estação - SALV
 Inscrição no Monumento - Chapa de metal cravada na face oeste com a inscrição "SAT 93111"
 Código Internacional - 93111
 Informações Adicionais - Esta estação pertence à Rede de Densificação do IGS
 Estação coincidente com a **RN 3620D (referencia de nível)**

2. Informação sobre a localização

Cidade - Salvador
 Estado - Bahia
 Informações Adicionais - A estação consiste de um pilar de concreto dotado de dispositivo de centragem forçada, localizado nas dependências da Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER)

3. Coordenadas oficiais

3.1) SIRGAS2000 (Época 2000,4)

Latitude:	13° 00' 31,2116" S	Sigma:	0,001 m
Longitude:	38° 30' 44,4929" W	Sigma:	0,002 m
Alt.Elip.:	35,76 m	Sigma:	0,002 m
Alt.Orto.:	46,6397 m	Fonte:	Nivelamento Geométrico
UTM (N):	8.561.854,853 m		Origem: Imbituba
UTM (E):	552.879,181 m		Classe: Alta Precisão Ajustada
MC:	- 39		

3.2) SAD-69

Latitude:	13° 00' 29,6051" S	Sigma:	0,026 m
Longitude:	38° 30' 43,2010" W	Sigma:	0,026 m
Alt.Elip.:	57,89 m	Sigma:	----
Alt.Orto.:	46,6397 m	Fonte:	Nivelamento Geométrico
UTM (N):	8.561.899,172 m		Origem: Imbituba
UTM (E):	552.918,381 m		Classe: Alta Precisão Ajustada
MC:	- 39		

ANEXO A

ESTAÇÃO RBMC: BRFT

FORTALEZA - CE

		Diretoria de Geociências Coordenação de Geodésia		RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo Relatório de Informação de Estação Estação Fortaleza1 - BRFT	
0. Formulário					
Preparado por	-	Equipe Técnica da RBMC - "Centro de Controle Eng ^a . Kátia Duarte Pereira"			
Data	-	31 – Março – 2006			
Alteração	-				
1. Identificação da estação GPS					
Nome da Estação	-	Fortaleza 2005			
Ident. da Estação	-	BRFT			
Inscrição no Monumento	-	Não há inscrição			
Código Internacional	-	93793			
Informações Adicionais	-				
2. Informação sobre localização					
Cidade	-	Euzébio			
Estado	-	Ceará			
Informações Adicionais	-	A estação consiste em um tripé de metal dotado de um dispositivo de centragem forçada, fixado no terraço do edifício localizado no INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/ Euzébio.			
3. Coordenadas oficiais					
3.1) SIRGAS2000 (Época 2000,4)					
Latitude:	3° 52' 38,8106" S	Sigma:	0,001 m		
Longitude:	38° 25' 31,9338" W	Sigma:	0,001 m		
Alt.Elíp.:	21,68 m	Sigma:	0,005 m		
Alt.Orto.:	30,87 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2004		
UTM (N):	9.571.397,376 m				
UTM (E):	563.779,050 m				
MC:	- 39				
3.2) SAD-69					
Latitude:	3° 52' 37,4501" S	Sigma:	0,013 m		
Longitude:	38° 25' 30,6747" W	Sigma:	0,013 m		
Alt.Elíp.:	51,18 m	Sigma:	----		
Alt.Orto.:	30,90 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2004		
UTM (N):	9.571.437,649 m				
UTM (E):	563.818,141 m				
MC:	- 39				

ANEXO A

COORDENADAS CALCULADAS E AJUSTADAS COM GPS-SURVEY E TRINNET Folhas de cálculos e ajustamento

Marco de Referência: (DPII – MR28)

RRMC – João Pessoa - PB

COORDINATE ADJUSTMENT SUMMARY
NETWORK = DPII - MR28
TIME = Thu Nov 17 09:33:16 2005

Datum = WGS-84
Coordinate System = Geographic
Zone = Global

Network Adjustment Constraints:

3 fixed coordinates in y
3 fixed coordinates in x
3 fixed coordinates in H

POINT	NAME	OLD COORDS	ADJUST	NEW COORDS	2.00σ
1	CRAT - RBMC Crato				
	LAT=	7° 14' 16.867300"	+0.000000"	7° 14' 16.867300"	FIXED
	LON=	39° 24' 56.179800"	+0.000000"	39° 24' 56.179800"	FIXED
	ELL HT=	436.0500m	+0.0000m	436.0500m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
2	DPII				
	LAT=	7° 07' 58.080094"	+0.001122"	7° 07' 58.073972"	0.026350m
	LON=	34° 51' 33.454944"	-0.001152"	34° 51' 33.456096"	0.023281m
	ELL HT=	29.0814m	-0.2610m	28.8204m	0.078764m
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
3	RECF - RBMC Recife				
	LAT=	8° 03' 03.469700"	+0.000000"	8° 03' 03.469700"	FIXED
	LON=	34° 57' 05.459100"	+0.000000"	34° 57' 05.459100"	FIXED
	ELL HT=	20.1800m	+0.0000m	20.1800m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
4	SALV - RBMC Salvador				
	LAT=	13° 00' 31.211600"	+0.000000"	13° 00' 31.211600"	FIXED
	LON=	38° 30' 44.492900"	+0.000000"	38° 30' 44.492900"	FIXED
	ELL HT=	35.7600m	+0.0000m	35.7600m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN

ANEXO A

Marco de Referência: (MR65)

RRMC – João Pessoa - PB

COORDINATE ADJUSTMENT SUMMARY
NETWORK = MR65
TIME = Thu Nov 17 09:52:58 2005

Datum = WGS-84
Coordinate System = Geographic
Zone = Global

Network Adjustment Constraints:

3 fixed coordinates in y
3 fixed coordinates in x
3 fixed coordinates in H

POINT	NAME	OLD COORDS	ADJUST	NEW COORDS	2.00 σ
1	CRAT - RBMC Crato				
	LAT=	7° 14' 16.867300"	+0.000000"	7° 14' 16.867300"	FIXED
	LON=	39° 24' 56.179800"	+0.000000"	39° 24' 56.179800"	FIXED
	ELL HT=	436.0500m	+0.0000m	436.0500m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
2	MR66				
	LAT=	7° 07' 22.261873"	+0.002199"	7° 07' 22.259674"	0.028119m
	LON=	34° 51' 59.318449"	+0.001830"	34° 51' 59.316619"	0.030478m
	ELL HT=	39.6996m	+0.1398m	39.8394m	0.099863m
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
3	RECF - RBMC Recife				
	LAT=	8° 03' 03.469700"	+0.000000"	8° 03' 03.469700"	FIXED
	LON=	34° 57' 05.459100"	+0.000000"	34° 57' 05.459100"	FIXED
	ELL HT=	20.1800m	+0.0000m	20.1800m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
4	SALV - RBMC Salvador				
	LAT=	13° 00' 31.211600"	+0.000000"	13° 00' 31.211600"	FIXED
	LON=	38° 30' 44.492900"	+0.000000"	38° 30' 44.492900"	FIXED
	ELL HT=	35.7600m	+0.0000m	35.7600m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN

ANEXO A

Marco de Referência: (MR70)

RRMC – João Pessoa - PB

COORDINATE ADJUSTMENT SUMMARY
NETWORK = MR70
TIME = Thu Nov 17 09:11:56 2005

Datum = WGS-84
Coordinate System = Geographic
Zone = Global

Network Adjustment Constraints:

3 fixed coordinates in y
3 fixed coordinates in x
3 fixed coordinates in H

POINT	NAME	OLD COORDS	ADJUST	NEW COORDS	2.00 σ
1	CRAT - RBMC Crato				
	LAT=	7° 14' 16.867300"	+0.000000"	7° 14' 16.867300"	FIXED
	LON=	39° 24' 56.179800"	+0.000000"	39° 24' 56.179800"	FIXED
	ELL HT=	436.0500m	+0.0000m	436.0500m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
2	MR70				
	LAT=	7° 08' 14.115889"	+0.001538"	7° 08' 14.114351"	0.045954m
	LON=	34° 52' 20.477064"	+0.002096"	34° 52' 20.471968"	0.038943m
	ELL HT=	38.4107m	-0.0106m	38.4001m	0.088833m
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
3	RECF - RBMC Recife				
	LAT=	8° 03' 03.469700"	+0.000000"	8° 03' 03.469700"	FIXED
	LON=	34° 57' 05.459100"	+0.000000"	34° 57' 05.459100"	FIXED
	ELL HT=	20.1800m	+0.0000m	20.1800m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
4	SALV - RBMC Salvador				
	LAT=	13° 00' 31.211600"	+0.000000"	13° 00' 31.211600"	FIXED
	LON=	38° 30' 44.492900"	+0.000000"	38° 30' 44.492900"	FIXED
	ELL HT=	35.7600m	+0.0000m	35.7600m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN

ANEXO A

Marco de Referência: (MR68)

RRMC – João Pessoa - PB

COORDINATE ADJUSTMENT SUMMARY
NETWORK = MR68
TIME = Thu Nov 17 11:00:06 2005

Datum = WGS-84
Coordinate System = Geographic
Zone = Global

Network Adjustment Constraints:

3 fixed coordinates in y
3 fixed coordinates in x
3 fixed coordinates in H

POINT	NAME	OLD COORDS	ADJUST	NEW COORDS	2.00â
1	CRAT - RBMC Crato				
	LAT=	7° 14' 16.867300"	+0.000000"	7° 14' 16.867300"	FIXED
	LON=	39° 24' 56.179800"	+0.000000"	39° 24' 56.179800"	FIXED
	ELL HT=	436.0500m	+0.0000m	436.0500m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
2	MR69				
	LAT=	7° 08' 10.023371"	-0.000719"	7° 08' 10.024090"	0.031239m
	LON=	34° 53' 08.412452"	-0.005069"	34° 53' 08.417521"	0.034360m
	ELL HT=	44.0755m	+0.0261m	44.2016m	0.088048m
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
3	RECF - RBMC Recife				
	LAT=	8° 03' 03.469700"	+0.000000"	8° 03' 03.469700"	FIXED
	LON=	34° 57' 05.459100"	+0.000000"	34° 57' 05.459100"	FIXED
	ELL HT=	20.1800m	+0.0000m	20.1800m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN
4	SALV - RBMC Salvador				
	LAT=	13° 00' 31.211600"	+0.000000"	13° 00' 31.211600"	FIXED
	LON=	38° 30' 44.492900"	+0.000000"	38° 30' 44.492900"	FIXED
	ELL HT=	35.7600m	+0.0000m	35.7600m	FIXED
	ORTHO HT=	0.0000m	+0.0000m	0.0000m	NOT KNOWN

Project: quadras
Program: GrafNav Version 7.00
Profile: Geographic
Source: Features/stations (Combined)

Datum: WGS84, (processing datum)
Master Pos.: -7 07 22.25967, -34 51 59.31662, 39.839 m (WGS84, Ellips hgt)
Ant. Height: Master=1.456 m, Remote=2.544 m

Stat	GPSTime (sec)	Latitude (+/-D M S)	Longitude (+/-D M S)	H-Ell (m)	SDHori (m)	SDHeig (m)	Q
PTO0	563723.00	-7 08 01.09436	-34 52 13.89837	41.825	0.019	0.038	1
PTO1	563770.00	-7 08 01.15272	-34 52 13.83916	41.976	0.019	0.037	1
PTO2	563852.00	-7 08 02.02726	-34 52 14.09863	41.596	0.020	0.041	1
PTO3	563915.00	-7 08 03.02777	-34 52 14.47455	41.150	0.014	0.036	1
PTO4	563964.00	-7 08 02.99150	-34 52 14.38155	41.595	0.014	0.036	1
PTO5	564013.00	-7 08 03.10343	-34 52 13.98189	41.468	0.015	0.037	1
PTO6	564051.00	-7 08 03.18541	-34 52 13.66955	41.433	0.014	0.035	1
PTO7	564085.00	-7 08 03.27285	-34 52 13.35769	41.368	0.014	0.035	1
PTO8	564127.00	-7 08 03.35801	-34 52 13.05567	40.907	0.014	0.034	1
PTO9	564182.00	-7 08 03.44760	-34 52 12.73281	40.827	0.014	0.034	1
PTO10	564229.00	-7 08 03.53636	-34 52 12.41672	40.784	0.014	0.034	1
PTO11	564314.00	-7 08 03.76031	-34 52 11.90141	40.367	0.014	0.033	1
PTO12	564346.00	-7 08 03.66590	-34 52 11.94743	40.424	0.014	0.033	1
PTO13	564426.00	-7 08 02.78018	-34 52 11.64473	40.288	0.014	0.033	1
PTO14	564526.00	-7 08 02.46473	-34 52 11.46340	40.485	0.014	0.032	1
PTO15	564606.00	-7 08 02.54536	-34 52 11.24950	40.161	0.013	0.031	1
PTO17	564734.00	-7 08 01.75473	-34 52 11.23127	40.331	0.015	0.033	1
PTO18	564767.00	-7 08 01.83101	-34 52 11.32858	40.695	0.016	0.033	1
PTO19	564823.00	-7 08 01.72803	-34 52 11.70728	40.800	0.016	0.032	1
PTO20	564858.00	-7 08 01.67602	-34 52 11.90550	41.042	0.013	0.031	1
PTO21	564896.00	-7 08 01.59000	-34 52 12.22655	41.083	0.013	0.030	1
PTO22	564929.00	-7 08 01.50912	-34 52 12.53153	41.175	0.013	0.030	1
PTO23	564970.00	-7 08 01.38267	-34 52 12.98776	41.613	0.013	0.030	1
PTO24	565021.00	-7 08 01.25699	-34 52 13.45178	41.663	0.013	0.030	1
PTO25	565170.00	-7 08 01.00057	-34 52 13.87024	41.894	0.014	0.029	1
PTO26	565248.00	-7 08 00.81332	-34 52 13.80689	41.878	0.014	0.029	1
PTO27	565318.00	-7 08 00.70657	-34 52 13.70163	41.922	0.018	0.031	1
PTO28	565422.00	-7 08 00.90331	-34 52 13.04055	41.780	0.013	0.028	1
PTO29	565477.00	-7 08 00.98267	-34 52 12.77306	41.548	0.013	0.028	1
PTO30	565539.00	-7 08 01.16468	-34 52 12.14823	41.262	0.013	0.027	1
PTO31	565614.00	-7 08 01.56102	-34 52 11.16650	40.377	0.013	0.027	1
PTO32	565687.00	-7 08 01.62472	-34 52 10.94758	40.303	0.013	0.027	1
PTO33	565767.00	-7 08 01.41427	-34 52 11.30150	40.659	0.017	0.031	1
PTO34	565829.00	-7 08 01.05350	-34 52 11.15609	40.725	0.014	0.030	1
PTO35	565906.00	-7 08 01.07453	-34 52 11.08592	40.781	0.015	0.027	2
PTO36	565947.00	-7 08 00.78932	-34 52 10.99257	40.590	0.017	0.028	1
PTO37	566014.00	-7 08 00.47976	-34 52 10.88876	40.745	0.018	0.028	1
PTO38	566090.00	-7 07 59.46897	-34 52 10.47446	40.605	0.018	0.027	1
PTO39	566173.00	-7 07 59.52941	-34 52 10.25405	40.507	0.022	0.032	1
PTO40	566221.00	-7 07 59.50655	-34 52 10.57857	40.844	0.021	0.032	1
PTO41	566289.00	-7 07 59.39706	-34 52 10.95131	40.920	0.017	0.026	1
PTO42	566338.00	-7 07 59.30508	-34 52 11.26378	41.033	0.017	0.026	1
PTO43	566393.00	-7 07 59.21489	-34 52 11.57322	41.162	0.015	0.029	1
PTO44	566449.00	-7 07 59.12627	-34 52 11.88602	41.298	0.015	0.029	1
PTO45	566491.00	-7 07 59.03666	-34 52 12.20181	41.463	0.018	0.032	1
PTO46	566642.00	-7 07 58.63530	-34 52 13.15335	39.243	0.435	0.585	6
PTO47	566803.00	-7 08 01.04904	-34 52 13.86341	39.340	0.369	0.543	5
PTO47	566813.00	-7 08 01.04947	-34 52 13.86391	39.348	0.279	0.361	5

ANEXO-A

João Pessoa - HOMÔNIMOS IDENTIFICADOS: (ORIGEM DOS DADOS: Rastreamento GPS – quadras e MR's)

Nº	COORDENADAS ORIGINAIS geodésicas WGS84		Coordenadas transformadas para:					
			UTM-WGS84		geodésicas SAD-69		UTM-SAD69	
	Lat (° ' ") sul	Long (° ' ") west	E (m)	N (m)	Lat (° ' ") sul	Long(° ' ") West	E (m)	N(m)
P002	-7 08 02.02726	-34 52 14.09863	293415.8351	9211030.3940	-7 08 00.5560	-34 52 12.9695	293449.557	9211073.019
P006	-7 08 03.18541	-34 52 13.66955	293429.1470	9210994.8649	-7 08 01.7141	-34 52 12.5405	293462.867	9211037.492
P007	-7 08 03.27285	-34 52 13.35769	293438.7282	9210992.2173	-7 08 01.8015	-34 52 12.2286	293472.449	9211034.845
P008	-7 08 03.35801	-34 52 13.05567	293448.0072	9210989.6385	-7 08 01.8867	-34 52 11.9266	293481.728	9211032.265
P009	-7 08 03.44760	-34 52 12.73281	293457.9263	9210986.9261	-7 08 01.9763	-34 52 11.6037	293491.648	9211029.553
P010	-7 08 03.53636	-34 52 12.41672	293467.6375	9210984.2384	-7 08 02.0650	-34 52 11.2877	293501.357	9211026.867
P011	-7 08 03.76031	-34 52 11.90141	293483.4792	9210977.4220	-7 08 02.2890	-34 52 10.7723	293517.201	9211020.049
P013	-7 08 02.78018	-34 52 11.64473	293491.2340	9211007.5670	-7 08 01.3089	-34 52 10.5157	293524.954	9211050.193
P018	-7 08 01.83101	-34 52 11.32858	293500.8178	9211036.7682	-7 08 00.3597	-34 52 10.1995	293534.539	9211079.395
P019	-7 08 01.72803	-34 52 11.70728	293489.1834	9211039.8850	-7 08 00.2567	-34 52 10.5782	293522.905	9211082.512
P020	-7 08 01.67602	-34 52 11.90550	293483.0940	9211041.4582	-7 08 00.2047	-34 52 10.7764	293516.816	9211084.085
P021	-7 08 01.59000	-34 52 12.22655	293473.2309	9211044.0611	-7 08 00.1187	-34 52 11.0975	293506.951	9211086.688
P022	-7 08 01.50912	-34 52 12.53153	293463.8616	9211046.5081	-7 08 00.0378	-34 52 11.4025	293497.581	9211089.135
P023	-7 08 01.38267	-34 52 12.98776	293449.8451	9211050.3363	-7 08 00.0000	-34 52 11.8587	293483.576	9211090.240
P024	-7 08 01.25699	-34 52 13.45178	293435.5896	9211054.1399	-7 08 00.0000	-34 52 12.3227	293469.337	9211090.182
P028	-7 08 00.90331	-34 52 13.04055	293448.1653	9211065.0573	-7 07 59.4320	-34 52 11.9115	293481.885	9211107.684
P030	-7 08 01.16468	-34 52 12.14823	293475.5814	9211057.1382	-7 08 00.0000	-34 52 11.0192	293509.339	9211090.344
P033	-7 08 01.41427	-34 52 11.30150	293501.5969	9211049.5752	-7 08 00.0000	-34 52 10.1724	293535.326	9211090.450
P035	-7 08 01.07453	-34 52 11.08592	293508.1703	9211060.0401	-7 08 00.0000	-34 52 09.9569	293541.939	9211090.476
P036	-7 08 00.78932	-34 52 10.99257	293510.9995	9211068.8143	-7 07 59.3180	-34 52 09.8635	293544.720	9211111.442
P037	-7 08 00.47976	-34 52 10.88876	293514.1467	9211078.3380	-7 07 59.0085	-34 52 09.7597	293547.867	9211120.963
P041	-7 07 59.39706	-34 52 10.95131	293512.0923	9211111.5946	-7 07 57.9258	-34 52 09.8223	293545.811	9211154.220
P042	-7 07 59.30508	-34 52 11.26378	293502.4918	9211114.3817	-7 07 57.8338	-34 52 10.1347	293536.213	9211157.008
P043	-7 07 59.21489	-34 52 11.57322	293492.9844	9211117.1141	-7 07 57.7436	-34 52 10.4442	293526.704	9211159.741
P044	-7 07 59.12627	-34 52 11.88602	293483.3742	9211119.7979	-7 07 57.6550	-34 52 10.7570	293517.093	9211162.424
P045	-7 07 59.03666	-34 52 12.20181	293473.6721	9211122.5118	-7 07 57.5654	-34 52 11.0727	293507.394	9211165.137
PONTOS DA RRCM – REDE DE REFERENCIA CADASTRAL MUNICIPAL – medidos por GPS								
MR28	-7 07 58.074	-34 51 33.456	294662.578	9211156.896	-7 07 56.6027	-34 51 32.3274	294696.293	9211199.521
MR65	-7 07 22.260	-34 51 59.317	293864.524	9212254.029	-7 07 20.7887	-34 51 58.1877	293898.242	9212296.649
MR70	-7 08 14.114	-34 52 20.472	293221.758	9210658.242	-7 08 12.6429	-34 52 19.3428	293255.480	9210700.872
MR68	-7 08 10.024	-34 53 08.417	291749.896	9210777.913	-7 08 08.5527	-34 53 07.2879	291783.626	9210820.543

ANEXO-A

João Pessoa - HOMÔNIMOS IDENTIFICADOS: (ORIGEM DOS DADOS: extraídos do MUB, via autocad, quadras e MR's)

Nº	COORDENADAS ORIGINAIS UTM-SAD69		Coordenadas transformadas para:					
			geodésicas SAD-69		Geodésicas WGS-84		UTM-WGS-84	
	E (m)	N(m)	Lat (° ‘ “) sul	Long (° ‘ “) West	Lat (° ‘ “) sul	Long (° ‘ “) West	E(m)	N (m)
P002	293450.910	9211072.320	-7 08 00.5789	-34 52 12.9255	-7 08 02.0502	-34 52 14.0546	293417.189	9211029.695
P006	293464.290	9211037.720	-7 08 01.7069	-34 52 12.4941	-7 08 03.1782	-34 52 13.6232	293430.568	9210995.092
P007	293473.890	9211035.090	-7 08 01.7937	-34 52 12.1816	-7 08 03.2650	-34 52 13.3107	293440.169	9210992.464
P008	293483.120	9211032.540	-7 08 01.8779	-34 52 11.8812	-7 08 03.3492	-34 52 13.0103	293449.398	9210989.915
P009	293493.080	9211029.800	-7 08 01.9684	-34 52 11.5570	-7 08 03.4397	-34 52 12.6861	293459.359	9210987.175
P010	293502.660	9211027.160	-7 08 02.0556	-34 52 11.2452	-7 08 03.5269	-34 52 12.3743	293468.938	9210984.534
P011	293517.170	9211023.160	-7 08 02.1877	-34 52 10.7729	-7 08 03.6590	-34 52 11.9020	293483.448	9210980.535
P013	293526.290	9211050.510	-7 08 01.2988	-34 52 10.4721	-7 08 02.7701	-34 52 11.6012	293492.569	9211007.882
P018	293535.860	9211079.200	-7 08 00.3662	-34 52 10.1565	-7 08 01.8375	-34 52 11.2856	293502.138	9211036.574
P019	293524.250	9211082.310	-7 08 00.2635	-34 52 10.5344	-7 08 01.7348	-34 52 11.6635	293490.528	9211039.682
P020	293518.270	9211083.920	-7 08 00.2103	-34 52 10.7290	-7 08 01.6816	-34 52 11.8581	293484.549	9211041.293
P021	293508.340	9211086.590	-7 08 00.1221	-34 52 11.0523	-7 08 01.5934	-34 52 12.1814	293474.617	9211043.962
P022	293498.870	9211089.130	-7 08 00.0381	-34 52 11.3605	-7 08 01.5094	-34 52 12.4896	293465.148	9211046.505
P023	293485.140	9211092.820	-7 08 00.0000	-34 52 11.8074	-7 08 01.4713	-34 52 12.9365	293451.429	9211047.620
P024	293470.300	9211096.770	-7 08 00.0000	-34 52 12.2905	-7 08 01.4713	-34 52 13.4196	293436.604	9211047.560
P028	293491.370	9211105.740	-7 07 59.4965	-34 52 11.6027	-7 08 00.9678	-34 52 12.7318	293457.648	9211063.114
P030	293510.740	9211099.970	-7 08 00.0000	-34 52 10.9723	-7 08 01.4713	-34 52 12.1014	293477.057	9211047.724
P033	293539.619	9211091.768	-7 08 00.0000	-34 52 10.0323	-7 08 01.4713	-34 52 11.1614	293505.903	9211047.841
P035	293543.174	9211102.248	-7 08 00.0000	-34 52 09.9151	-7 08 01.4713	-34 52 11.0442	293509.500	9211047.855
P036	293546.460	9211111.940	-7 07 59.3020	-34 52 09.8067	-7 08 00.7733	-34 52 10.9358	293512.740	9211069.314
P037	293549.400	9211120.580	-7 07 59.0212	-34 52 09.7098	-7 08 00.4925	-34 52 10.8389	293515.678	9211077.953
P041	293547.270	9211153.980	-7 07 57.9338	-34 52 09.7748	-7 07 59.4051	-34 52 10.9039	293513.548	9211111.353
P042	293537.460	9211156.930	-7 07 57.8365	-34 52 10.0941	-7 07 59.3078	-34 52 11.2232	293503.737	9211114.303
P043	293527.990	9211159.650	-7 07 57.7467	-34 52 10.4023	-7 07 59.2180	-34 52 11.5314	293494.268	9211117.024
P044	293518.280	9211162.440	-7 07 57.6546	-34 52 10.7183	-7 07 59.1259	-34 52 11.8474	293484.559	9211119.814
P045	293508.800	9211165.160	-7 07 57.5649	-34 52 11.0269	-7 07 59.0362	-34 52 12.1560	293475.078	9211122.532
PONTOS DA RRCM – REDE DE REFERENCIA CADASTRAL MUNICIPAL – extraídos do relatório MUB								
MR28	294698.056	9211199.688	-7 07 56.5975	-34 51 32.2699	-7 07 58.069	-34 51 33.399	294664.342	9211157.062
MR65	293900.001	9212296.816	-7 07 20.7835	-34 51 58.1304	-7 07 22.254	-34 51 59.259	293866.282	9212254.195
MR70	293257.577	9210701.145	-7 08 12.6343	-34 52 19.2744	-7 08 14.106	-34 52 20.404	293223.855	9210658.516
MR68	291785.255	9210820.638	-7 08 08.5498	-34 53 07.2348	-7 08 10.021	-34 53 08.364	291751.526	9210778.008

ANEXO-A

Two Dimensional Conformal Coordinate Transformation of File > veve-JP14-
utmwgs.dat
using generalized least squares approach.

veve-JP14-utmwgs(sist.Refer = GPS/WGS) (centróide: E=293000; N=9210500)

ax - by + Tx = X + VX
bx + ay + Ty = Y + VY

Transformation Parameters, estimated errors, and t-values

a = 1.00321 ± 0.00066 t-value: 1527.87
b = 0.00187 ± 0.00066 t-value: 2.84
Tx = -1.923 ± 0.471 t-value: 4.08
Ty = -2.621 ± 0.471 t-value: 5.56

Rotation = 0°06'23.5"
Scale = 1.00321482

Adjustment's Reference Variance = 1.4898
Number of Iterations = 1

Transformed Control Points

PT	x	y	Vx	Vy	X	Y	VX	VY
P006	430.568	495.092	-0.027	-0.000	429.147	494.865	0.015	0.000
P007	440.169	492.464	0.009	0.018	438.728	492.217	-0.005	-0.010
P008	449.398	489.915	-0.001	0.043	448.007	489.639	0.001	-0.024
P009	459.359	487.175	0.050	0.032	457.926	486.926	-0.028	-0.018
P010	468.938	484.534	-0.012	0.068	467.637	484.238	0.007	-0.038
P013	492.569	507.882	0.031	0.156	491.234	507.567	-0.017	-0.088
P018	502.138	536.574	0.006	-0.099	500.818	536.768	-0.004	0.055
P019	490.528	539.682	-0.006	-0.112	489.183	539.885	0.003	0.063
P020	484.549	541.293	0.051	-0.092	483.094	541.458	-0.029	0.051
P021	474.617	543.962	-0.017	-0.056	473.231	544.061	0.009	0.031
P022	465.148	546.505	-0.103	-0.000	463.862	546.508	0.058	0.000
P037	515.678	577.953	0.120	-0.120	514.147	578.338	-0.067	0.067
P041	513.548	611.353	0.028	0.038	512.092	611.595	-0.015	-0.021
P043	494.268	617.024	-0.129	0.124	492.984	617.114	0.072	-0.069

Transformed Points

POINT	X	Y	±Sx	±Sy
P006	429.105	494.865	0.638	0.638
P007	438.742	492.246	0.640	0.640
P008	448.006	489.706	0.642	0.642
P009	458.004	486.976	0.644	0.644
P010	467.618	484.344	0.647	0.647
P013	491.282	507.811	0.662	0.662
P018	500.828	536.613	0.674	0.674
P019	489.175	539.710	0.672	0.672
P020	483.174	541.315	0.671	0.671
P021	473.205	543.974	0.668	0.668
P022	463.701	546.507	0.666	0.666
P037	514.334	578.151	0.693	0.693

P041	512.135	611.654	0.705	0.705
P043	492.783	617.307	0.701	0.701
Pg02	415.619	529.554	0.647	0.647
Pg06	429.105	494.865	0.638	0.638
Pg07	438.742	492.246	0.640	0.640
Pg08	448.006	489.706	0.642	0.642
Pg09	458.004	486.976	0.644	0.644
Pg10	467.618	484.344	0.647	0.647
Pg11	482.182	480.360	0.650	0.650
Pg13	491.282	507.811	0.662	0.662
Pg18	500.828	536.613	0.674	0.674
Pg19	489.175	539.710	0.672	0.672
Pg20	483.174	541.315	0.671	0.671
Pg21	473.205	543.974	0.668	0.668
Pg22	463.701	546.507	0.666	0.666
Pg23	449.935	547.600	0.663	0.663
Pg24	435.063	547.512	0.658	0.658
Pg28	456.146	563.156	0.670	0.670
Pg30	475.646	547.752	0.670	0.670
Pg33	504.584	547.924	0.680	0.680
Pg35	508.193	547.944	0.681	0.681
Pg36	511.403	569.478	0.689	0.689
Pg37	514.334	578.151	0.693	0.693
Pg41	512.135	611.654	0.705	0.705
Pg42	502.287	614.595	0.703	0.703
Pg43	492.783	617.307	0.701	0.701
Pg44	483.037	620.088	0.699	0.699
Pg45	473.521	622.797	0.697	0.697
MRg28	1,666.542	659.656	1.266	1.266
MRg65	863.871	1,758.826	1.368	1.368
MRg70	222.356	156.822	0.504	0.504
MRg68	-1,254.927	273.952	0.963	0.963

INVERSE MATRIX

~~~~~

|             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0.00000029  | 0.00000000  | -0.00013811 | -0.00015444 |
| 0.00000000  | 0.00000029  | 0.00015444  | -0.00013811 |
| -0.00013811 | 0.00015444  | 0.14904650  | 0.00000000  |
| -0.00015444 | -0.00013811 | 0.00000000  | 0.14904650  |

## ANEXO - B

### SALGADINHO

Relação dos pontos levantados por GPS e topografia (pelo grupo) e seus correspondentes homônimos extraídos do mapa urbano (mapa do relatório final de Salgadinho) (SILVA, 2005).

| Nº PONTO/<br>ESTAÇÃO<br>RRCM | COORDENADAS<br>UTM-SAD69<br>MEDIDOS POR TOPOGRAFIA<br>GPS |             | COORDENADAS<br>UTM-SAD69<br>MEDIDOS NO MAPA POR<br>AUTOCAD |              |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------|--------------|
|                              | E (m)                                                     | N(m)        | E(m)                                                       | N (m)        |
| P01                          | 209843.285                                                | 9121353.938 | 209843.5651                                                | 9121353.397  |
| P02                          | 209829.583                                                | 9121356.797 | 209829.9918                                                | 9121356.368  |
| P03                          | 209823.364                                                | 9121359.340 | 209823.7171                                                | 9121358.938  |
| P04                          | 209811.329                                                | 9121360.044 | P16=P04                                                    | P16=P04      |
| P05                          | 209818.351                                                | 9121331.851 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P06                          | 209817.450                                                | 9121350.112 | 209817.873                                                 | 9121349.778  |
| P07                          | 209817.412                                                | 9121350.147 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P08                          | 209811.064                                                | 9121350.417 | 209811.481                                                 | 9121350.125  |
| P09                          | 209804.975                                                | 9121350.616 | 209804.953                                                 | 9121350.326  |
| P10                          | 209798.043                                                | 9121350.746 | 209798.655                                                 | 9121350.521  |
| P11                          | 209788.358                                                | 9121351.136 | 209789.229                                                 | 9121350.811  |
| P12                          | 209781.101                                                | 9121351.243 | 209781.461                                                 | 9121351.051  |
| P13                          | 209772.083                                                | 9121351.427 | 209772.497                                                 | 9121351.300  |
| P14                          | 209759.362                                                | 9121351.749 | 209757.737                                                 | 9121351.718  |
| 15                           | 209745.073                                                | 9121352.132 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P16=P04                      | 209811.303                                                | 9121360.065 | 209811.719                                                 | 9121359.666  |
| P17                          | 209799.446                                                | 9121361.024 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P18                          | 209797.077                                                | 9121361.158 | 209797.508                                                 | 9121360.836  |
| P19                          | 209783.167                                                | 9121361.678 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P20                          | 209779.749                                                | 9121361.599 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P21                          | 209772.778                                                | 9121362.806 | 209773.237                                                 | 9121362.620  |
| P22                          | 209763.508                                                | 9121365.204 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P23                          | 209763.221                                                | 9121363.809 | 209763.749                                                 | 9121363.687  |
| P24                          | 209755.223                                                | 9121365.610 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P25                          | 209754.854                                                | 9121364.265 | 209755.321                                                 | 9121364.196  |
| P26                          | 209748.329                                                | 9121365.486 | 209748.469                                                 | 9121365.630  |
| P27                          | 209743.111                                                | 9121366.703 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P28                          | 209735.860                                                | 9121369.169 | 209736.281                                                 | 9121369.359  |
| P29                          | 209736.800                                                | 9121372.802 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P30                          | 209730.550                                                | 9121374.022 | 209728.004                                                 | 9121374.915  |
| P31                          | 209724.686                                                | 9121374.923 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P32                          | 209720.893                                                | 9121374.439 | 209721.393                                                 | 9121374.523  |
| P33                          | 209713.900                                                | 9121374.204 | 209714.395                                                 | 9121374.322  |
| P34                          | 209708.971                                                | 9121374.000 | 209709.417                                                 | 9121374.179  |
| P35                          | 209701.694                                                | 9121371.696 | 209701.851                                                 | 9121371.738  |
| P36                          | 209697.736                                                | 9121371.007 | 209697.736                                                 | 9121371.007  |
| P37                          | 209692.796                                                | 9121370.167 | 209692.973                                                 | 9121370.257  |
| P38                          | 209687.691                                                | 9121368.955 | 209688.415                                                 | 9121369.331  |
| P39                          | 209678.646                                                | 9121367.310 | 209678.326                                                 | 9121367.391  |
| P40                          | 209673.460                                                | 9121366.389 | 209673.147                                                 | 9121366.533  |
| P41                          | 209667.895                                                | 9121365.344 | 209668.328                                                 | 9121365.734  |
| P42                          | 209662.481                                                | 9121364.339 | 209662.967                                                 | 9121364.751  |
| P43                          | 209745.042                                                | 9121352.143 | Não                                                        | IDENTIFICADO |
| P44                          | 209738.636                                                | 9121352.313 | 209742.009                                                 | 9121352.091  |
| P45                          | 209733.632                                                | 9121352.398 | 209736.275                                                 | 9121352.345  |
| P46                          | 209728.146                                                | 9121352.508 | 209728.625                                                 | 9121352.541  |

|       |            |             |            |              |
|-------|------------|-------------|------------|--------------|
| P47   | 209720.341 | 9121352.690 | 209719.614 | 9121352.872  |
| P48   | 209715.057 | 9121352.824 | 209714.929 | 9121353.080  |
| P49   | 209709.876 | 9121352.944 | 209710.387 | 9121353.109  |
| P50   | 209706.482 | 9121352.939 | 209706.896 | 9121353.145  |
| P51   | 209702.555 | 9121352.950 | Não        | IDENTIFICADO |
| P52   | 209698.936 | 9121352.961 | 209699.452 | 9121353.167  |
| P53   | 209691.123 | 9121352.941 | 209691.562 | 9121353.190  |
| P54   | 209682.617 | 9121352.417 | 209683.087 | 9121352.755  |
| P55   | 209674.052 | 9121351.145 | 209674.432 | 9121351.451  |
| P56   | 209668.454 | 9121350.254 | 209668.271 | 9121350.456  |
| P57   | 209665.645 | 9121350.715 | 209662.939 | 9121349.630  |
| P58   | 209653.260 | 9121347.762 | 209653.339 | 9121348.109  |
| P59   | 209647.431 | 9121346.627 | 209647.448 | 9121346.949  |
| P60   | 209636.537 | 9121344.472 | 209636.655 | 9121344.823  |
| P61   | 209630.885 | 9121343.347 | 209631.107 | 9121343.725  |
| P62   | 209625.270 | 9121342.240 | 209625.569 | 9121342.543  |
| P63   | 209621.133 | 9121341.291 | 209621.431 | 9121341.825  |
| P64   | 209610.733 | 9121338.077 | 209611.002 | 9121338.781  |
| SAL5  | 209609.527 | 9121339.603 | Não        | IDENTIFICADO |
| SAL1  | 210245.973 | 9121381.273 | 210246.207 | 9121379.175  |
| SAL2  | 209833.065 | 9121333.021 | 209833.871 | 9121332.540  |
| SAL3  | 209995.861 | 9121524.829 | 209996.905 | 9121524.399  |
| SAL4  | 209795.324 | 9121406.198 | 209796.145 | 9121405.702  |
| SAL5  | 209609.551 | 9121339.569 | 209610.105 | 9121339.259  |
| SAL6  | 209651.946 | 9121458.793 | 209652.798 | 9121458.325  |
| SAL7  | NÃO FOI    | NÃO FOI     | 210031.076 | 9121949.892  |
| SAL8  | MEDIDO     | MEDIDO      | 209703.946 | 9121619.018  |
| SAL9  | 209492.994 | 9121491.352 | 209493.812 | 9121490.881  |
| SAL10 | 209311.792 | 9121471.239 | 209312.617 | 9121470.749  |
| SAL11 | 209011.192 | 9121641.091 | 209012.035 | 9121640.605  |
| SAL12 | 208896.859 | 9121709.455 | 208897.643 | 9121709.005  |



## ANEXO - B

### SALGADINHO: REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL

#### ORIGEM DOS DADOS: RELATÓRIO DO MAPEAMENTO (SILVA, 2005)

| Especifi-<br>cação | Nº    | COORDENADAS ORIGINAIS<br>UTM-SAD69 |            | Coordenadas transformadas para: |              |                  |              |             |            |
|--------------------|-------|------------------------------------|------------|---------------------------------|--------------|------------------|--------------|-------------|------------|
|                    |       |                                    |            | geodésicas SAD-69               |              | geodésicas WGS84 |              | UTM-WGS84   |            |
|                    |       | N (m)                              | E (m)      | Lat (° ' ")                     | Long (° ' ") | Lat (° ' ")      | Long (° ' ") | N (m)       | E (m)      |
| RRCM               | SAL1  | 9121379.175                        | 210246.207 | -7.56251253                     | -35.37410913 | -7.56266177      | -35.37422471 | 9121336.101 | 210212.122 |
| RRCM               | SAL2  | 9121332.540                        | 209833.871 | -7.56265572                     | -35.37545549 | -7.56280496      | -35.37557109 | 9121289.466 | 209799.782 |
| RRCM               | SAL3  | 9121524.399                        | 209996.905 | -7.56203498                     | -35.37491956 | -7.56218422      | -35.37503515 | 9121481.324 | 209962.818 |
| RRCM               | SAL4  | 9121405.702                        | 209796.145 | -7.56241695                     | -35.37557707 | -7.56256619      | -35.37569267 | 9121362.627 | 209762.056 |
| RRCM               | SAL5  | 9121339.259                        | 209610.105 | -7.56262924                     | -35.38018547 | -7.56277848      | -35.38030107 | 9121296.184 | 209576.016 |
| RRCM               | SAL6  | 9121458.325                        | 209652.798 | -7.56224281                     | -35.38004370 | -7.56239205      | -35.38015930 | 9121415.249 | 209618.709 |
| RRCM               | SAL7  | 9121949.892                        | 210031.076 | -7.56065158                     | -35.37479926 | -7.56080080      | -35.37491485 | 9121906.822 | 209996.988 |
| RRCM               | SAL8  | 9121619.018                        | 209703.946 | -7.56172114                     | -35.37587348 | -7.56187037      | -35.38000000 | 9121575.924 | 209666.511 |
| RRCM               | SAL9  | 9121490.881                        | 209493.812 | -7.56213362                     | -35.38056177 | -7.56228285      | -35.38067738 | 9121447.808 | 209459.721 |
| RRCM               | SAL10 | 9121709.005                        | 208897.643 | -7.56141174                     | -35.38250244 | -7.56156097      | -35.38261806 | 9121665.931 | 208863.551 |
| RRCM               | SAL11 | 9121640.605                        | 209012.035 | -7.56163661                     | -35.38213062 | -7.56178584      | -35.38224624 | 9121597.531 | 208977.943 |
| RRCM               | SAL12 | 9121470.749                        | 209312.617 | -7.56219536                     | -35.38115340 | -7.56234459      | -35.38126901 | 9121427.676 | 209278.527 |

## ANEXO B

### SALGADINHO: REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL MUNICIPAL

ORIGEM DOS DADOS: Rastreamento GPS efetuado pelo grupo

| Especi-<br>ficação | Nº    | COORDENADAS ORIGINAIS<br>geodésicas WGS84 |                    | Coordenadas transformadas para: |                    |             |            |             |            |
|--------------------|-------|-------------------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                    |       |                                           |                    | geodésicas SAD-69               |                    | UTM-SAD69   |            | UTM-WGS84   |            |
|                    |       | Lat (° ' " ) sul                          | Long (° ' " ) west | Lat (° ' " ) sul                | Long (° ' " ) West | N (m)       | E (m)      | N (m)       | E (m)      |
| RRCM               | SAL1  | 7° 56' 26.5494"                           | 35° 37' 42.2543"   | 7°56'25.0570"                   | 35°37'41.0985"     | 9121381.273 | 210245.973 | 9121338.200 | 210211.888 |
| RRCM               | SAL2  | 7° 56' 28.0338"                           | 35° 37' 55.7370"   | 7°56'26.5414"                   | 35°37'54.5811"     | 9121333.021 | 209833.065 | 9121289.947 | 209798.978 |
| RRCM               | SAL3  | 7° 56' 21.8280"                           | 35° 37' 50.3855"   | 7°56'20.3356"                   | 35°37'49.2296"     | 9121524.829 | 209995.861 | 9121481.754 | 209961.773 |
| RRCM               | SAL4  | 7° 56' 25.6455"                           | 35° 37' 56.9534"   | 7°56'24.1532"                   | 35°37'55.7974"     | 9121406.198 | 209795.324 | 9121363.125 | 209761.235 |
| RRCM               | SAL5  | 7° 56' 27.7745"                           | 35° 38' 03.0287"   | 7°56'26.2822"                   | 35°38'01.8727"     | 9121339.569 | 209609.551 | 9121296.496 | 209575.461 |
| RRCM               | SAL6  | 7° 56' 23.9051"                           | 35° 38' 01.6207"   | 7°56'22.4127"                   | 35°38'00.4647"     | 9121458.793 | 209651.946 | 9121415.717 | 209617.858 |
| RRCM               | SAL7  | NÃO FOI                                   | NÃO FOI            |                                 |                    |             |            |             |            |
| RRCM               | SAL8  | MEDIDO                                    | MEDIDO             |                                 |                    |             |            |             |            |
| RRCM               | SAL9  | 7° 56' 22.8130"                           | 35° 38' 06.8003"   | 7°56'21.3207"                   | 35°38'05.6443"     | 9121491.352 | 209492.994 | 9121448.279 | 209458.906 |
| RRCM               | SAL10 | 7° 56' 23.4298"                           | 35° 38' 12.7169"   | 7°56'21.9375"                   | 35°38'11.5608"     | 9121471.239 | 209311.792 | 9121428.165 | 209277.702 |
| RRCM               | SAL11 | 7° 56' 17.8424"                           | 35° 38' 22.4898"   | 7°56'16.3501"                   | 35°38'21.3336"     | 9121641.091 | 209011.192 | 9121598.019 | 208977.099 |
| RRCM               | SAL12 | 7° 56' 15.5949"                           | 35° 38' 26.2061"   | 7°56'14.1026"                   | 35°38'25.0499"     | 9121709.455 | 208896.859 | 9121666.381 | 208862.767 |

## ANEXO - B

### SALGADINHO

**Relação dos pontos levantados por GPS e topografia e seus correspondentes homônimos extraídos do mapa urbano (mapa do relatório final de Salgadinho (SILVA, 2005) – transformados para o sistema comum UTM<sub>SAD-69</sub> .**

|         | PONTOS<br>PELO | MEDIDOS<br>GRUPO |         | PONTOS<br>DO | EXTARÍDOS<br>AUTOCAD |
|---------|----------------|------------------|---------|--------------|----------------------|
| PONTO   | E (m) GRUPO    | N(m) GRUPO       | PONTO   | E(m) CAD     | N (m) CAD            |
| P01     | 209843.285     | 9121353.938      | P01     | 209843.565   | 9121353.397          |
| P02     | 209829.583     | 9121356.797      | P02     | 209829.992   | 9121356.368          |
| P03     | 209823.364     | 9121359.340      | P03     | 209823.717   | 9121358.938          |
| P06     | 209817.450     | 9121350.112      | P06     | 209817.873   | 9121349.778          |
| P08     | 209811.064     | 9121350.417      | P08     | 209811.481   | 9121350.125          |
| P09     | 209804.975     | 9121350.616      | P09     | 209804.953   | 9121350.326          |
| P10     | 209798.043     | 9121350.746      | P10     | 209798.655   | 9121350.521          |
| P11     | 209788.358     | 9121351.136      | P11     | 209789.229   | 9121350.811          |
| P12     | 209781.101     | 9121351.243      | P12     | 209781.461   | 9121351.051          |
| P13     | 209772.083     | 9121351.427      | P13     | 209772.497   | 9121351.300          |
| P14     | 209759.362     | 9121351.749      | P14     | 209757.737   | 9121351.718          |
| P16=P04 | 209811.303     | 9121360.065      | P16=P04 | 209811.719   | 9121359.666          |
| P18     | 209797.077     | 9121361.158      | P18     | 209797.508   | 9121360.836          |
| P21     | 209772.778     | 9121362.806      | P21     | 209773.237   | 9121362.620          |
| P25     | 209754.854     | 9121364.265      | P25     | 209755.321   | 9121364.196          |
| P26     | 209748.329     | 9121365.486      | P26     | 209748.469   | 9121365.630          |
| P28     | 209735.860     | 9121369.169      | P28     | 209736.281   | 9121369.359          |
| P30     | 209730.550     | 9121374.022      | P30     | 209728.004   | 9121374.915          |
| P32     | 209720.893     | 9121374.439      | P32     | 209721.393   | 9121374.523          |
| P33     | 209713.900     | 9121374.204      | P33     | 209714.395   | 9121374.322          |
| P34     | 209708.971     | 9121374.000      | P34     | 209709.417   | 9121374.179          |
| P35     | 209701.694     | 9121371.696      | P35     | 209701.851   | 9121371.738          |
| P36     | 209697.736     | 9121371.007      | P36     | 209697.736   | 9121371.007          |
| P37     | 209692.796     | 9121370.167      | P37     | 209692.973   | 9121370.257          |
| P38     | 209687.691     | 9121368.955      | P38     | 209688.415   | 9121369.331          |
| P39     | 209678.646     | 9121367.310      | P39     | 209678.326   | 9121367.391          |
| P40     | 209673.460     | 9121366.389      | P40     | 209673.147   | 9121366.533          |
| P41     | 209667.895     | 9121365.344      | P41     | 209668.328   | 9121365.734          |
| P42     | 209662.481     | 9121364.339      | P42     | 209662.967   | 9121364.751          |
| P44     | 209738.636     | 9121352.313      | P44     | 209742.009   | 9121352.091          |
| P45     | 209733.632     | 9121352.398      | P45     | 209736.275   | 9121352.345          |
| P46     | 209728.146     | 9121352.508      | P46     | 209728.625   | 9121352.541          |
| P47     | 209720.341     | 9121352.690      | P47     | 209719.614   | 9121352.872          |
| P48     | 209715.057     | 9121352.824      | P48     | 209714.929   | 9121353.080          |
| P49     | 209709.876     | 9121352.944      | P49     | 209710.387   | 9121353.109          |
| P50     | 209706.482     | 9121352.939      | P50     | 209706.896   | 9121353.145          |
| P52     | 209698.936     | 9121352.961      | P52     | 209699.452   | 9121353.167          |
| P53     | 209691.123     | 9121352.941      | P53     | 209691.562   | 9121353.190          |
| P54     | 209682.617     | 9121352.417      | P54     | 209683.087   | 9121352.755          |
| P55     | 209674.052     | 9121351.145      | P55     | 209674.432   | 9121351.451          |
| P56     | 209668.454     | 9121350.254      | P56     | 209668.271   | 9121350.456          |
| P57     | 209665.645     | 9121350.715      | P57     | 209662.939   | 9121349.630          |
| P58     | 209653.260     | 9121347.762      | P58     | 209653.339   | 9121348.109          |
| P59     | 209647.431     | 9121346.627      | P59     | 209647.448   | 9121346.949          |
| P60     | 209636.537     | 9121344.472      | P60     | 209636.655   | 9121344.823          |
| P61     | 209630.885     | 9121343.347      | P61     | 209631.107   | 9121343.725          |
| P62     | 209625.270     | 9121342.240      | P62     | 209625.569   | 9121342.543          |
| P63     | 209621.133     | 9121341.291      | P63     | 209621.431   | 9121341.825          |
| P64     | 209610.733     | 9121338.077      | P64     | 209611.002   | 9121338.781          |
| SL1     | 210245.973     | 9121381.273      | SL1     | 210246.207   | 9121379.175          |
| SL2     | 209833.065     | 9121333.021      | SL2     | 209833.871   | 9121332.540          |
| SL3     | 209995.861     | 9121524.829      | SL3     | 209996.905   | 9121524.399          |
| SL4     | 209795.324     | 9121406.198      | SL4     | 209796.145   | 9121405.702          |

|      |            |             |      |            |             |
|------|------------|-------------|------|------------|-------------|
| SL5  | 209609.551 | 9121339.569 | SL5  | 209610.105 | 9121339.259 |
| SL6  | 209651.946 | 9121458.793 | SL6  | 209652.798 | 9121458.325 |
| SL9  | 209492.994 | 9121491.352 | SL9  | 209493.812 | 9121490.881 |
| SL10 | 209311.792 | 9121471.239 | SL10 | 209312.617 | 9121470.749 |
| SL11 | 209011.192 | 9121641.091 | SL11 | 209012.035 | 9121640.605 |
| SL12 | 208896.859 | 9121709.455 | SL12 | 208897.643 | 9121709.005 |

## ANEXO B

### SALGADINHO

#### DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS TRANSFORMAÇÃO CONFORME GENERALIZADA MMQ

Two Dimensional Conformal Coordinate Transformation of File > CAD-P-TOP-39.dat  
using generalized least squares approach.

-----  
TOP - SALGADINHO - alfa PASSOU C/39 pontos centróide (E = 209725 e N =9121350)  
-----

ax - by + Tx = X + VX  
bx + ay + Ty = Y + VY

Transformation Parameters, estimated errors, and t-values

|      |           |         |                  |
|------|-----------|---------|------------------|
| a =  | 0.99914 ± | 0.00033 | t-value: 3047.14 |
| b =  | 0.00461 ± | 0.00033 | t-value: 14.06   |
| Tx = | -0.371 ±  | 0.023   | t-value: 16.12   |
| Ty = | -0.047 ±  | 0.023   | t-value: 2.04    |

Rotation = 0°15'51.8"  
Scale = 0.99914877

Adjustment's Reference Variance = 2.0385  
Number of Iterations = 1

Transformed Control Points

| PTO | x       | y      | Vx     | Vy     | X       | Y      | VX     | VY     |
|-----|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| P01 | 118.565 | 3.397  | -0.134 | -0.028 | 118.285 | 3.938  | 0.075  | 0.016  |
| P02 | 104.992 | 6.368  | -0.052 | 0.002  | 104.583 | 6.797  | 0.030  | -0.001 |
| P03 | 98.717  | 8.938  | -0.092 | -0.000 | 98.364  | 9.340  | 0.052  | 0.001  |
| P06 | 92.873  | -0.222 | -0.017 | 0.031  | 92.450  | 0.112  | 0.010  | -0.017 |
| P08 | 86.481  | 0.125  | -0.018 | 0.038  | 86.064  | 0.417  | 0.011  | -0.022 |
| P09 | 79.953  | 0.326  | -0.297 | 0.022  | 79.975  | 0.616  | 0.167  | -0.011 |
| P10 | 73.655  | 0.521  | 0.112  | 0.043  | 73.043  | 0.746  | -0.063 | -0.024 |
| P11 | 64.229  | 0.811  | 0.282  | -0.050 | 63.358  | 1.136  | -0.159 | 0.028  |
| P12 | 56.461  | 1.051  | -0.041 | 0.013  | 56.101  | 1.243  | 0.023  | -0.007 |
| P13 | 47.497  | 1.300  | -0.002 | 0.028  | 47.083  | 1.427  | 0.001  | -0.016 |
| P16 | 86.719  | 9.666  | -0.048 | -0.035 | 86.303  | 10.065 | 0.027  | 0.020  |
| P18 | 72.508  | 10.836 | -0.034 | -0.028 | 72.077  | 11.158 | 0.019  | 0.016  |
| P21 | 48.237  | 12.620 | -0.008 | -0.014 | 47.778  | 12.806 | 0.004  | 0.008  |
| P25 | 30.321  | 14.196 | 0.003  | 0.007  | 29.854  | 14.265 | -0.002 | -0.004 |
| P28 | 11.281  | 19.359 | -0.031 | 0.114  | 10.860  | 19.169 | 0.018  | -0.064 |
| P32 | -3.607  | 24.523 | 0.012  | -0.000 | -4.107  | 24.439 | -0.007 | 0.000  |
| P33 | -10.605 | 24.322 | 0.013  | 0.001  | -11.100 | 24.204 | -0.008 | -0.000 |
| P34 | -15.583 | 24.179 | -0.015 | 0.025  | -16.029 | 24.000 | 0.008  | -0.014 |
| P35 | -23.149 | 21.738 | -0.189 | -0.083 | -23.306 | 21.696 | 0.106  | 0.047  |
| P37 | -32.027 | 20.257 | -0.167 | -0.077 | -32.204 | 20.167 | 0.094  | 0.044  |
| P38 | -36.585 | 19.331 | 0.189  | 0.091  | -37.309 | 18.955 | -0.106 | -0.052 |
| P41 | -56.672 | 15.734 | 0.025  | 0.044  | -57.105 | 15.344 | -0.014 | -0.025 |
| P42 | -62.033 | 14.751 | 0.064  | 0.042  | -62.519 | 14.339 | -0.036 | -0.024 |
| P46 | 3.625   | 2.541  | 0.060  | 0.000  | 3.146   | 2.508  | -0.034 | -0.000 |
| P49 | -14.613 | 3.109  | 0.089  | 0.030  | -15.124 | 2.944  | -0.050 | -0.017 |
| P50 | -18.104 | 3.145  | 0.028  | 0.047  | -18.518 | 2.939  | -0.016 | -0.026 |
| P52 | -25.548 | 3.167  | 0.098  | 0.024  | -26.064 | 2.961  | -0.055 | -0.014 |
| P53 | -33.438 | 3.190  | 0.053  | 0.029  | -33.877 | 2.941  | -0.030 | -0.016 |
| P54 | -41.913 | 2.755  | 0.079  | 0.061  | -42.383 | 2.417  | -0.044 | -0.034 |
| P55 | -50.568 | 1.451  | 0.029  | 0.016  | -50.948 | 1.145  | -0.017 | -0.009 |
| P58 | -71.661 | -1.891 | -0.142 | -0.018 | -71.740 | -2.238 | 0.080  | 0.010  |

|     |          |         |        |        |          |         |        |        |
|-----|----------|---------|--------|--------|----------|---------|--------|--------|
| P59 | -77.552  | -3.051  | -0.175 | -0.050 | -77.569  | -3.373  | 0.098  | 0.029  |
| P60 | -88.345  | -5.177  | -0.098 | -0.063 | -88.463  | -5.528  | 0.055  | 0.036  |
| P61 | -93.893  | -6.275  | -0.025 | -0.062 | -94.115  | -6.653  | 0.014  | 0.035  |
| P62 | -99.431  | -7.457  | 0.030  | -0.126 | -99.730  | -7.760  | -0.017 | 0.071  |
| P63 | -103.569 | -8.175  | 0.035  | 0.011  | -103.867 | -8.709  | -0.019 | -0.006 |
| P64 | -113.998 | -11.219 | 0.031  | 0.090  | -114.267 | -11.923 | -0.017 | -0.051 |
| SL2 | 108.871  | -17.460 | 0.270  | -0.008 | 108.065  | -16.979 | -0.152 | 0.004  |
| SL4 | 71.145   | 55.702  | 0.084  | -0.169 | 70.324   | 56.198  | -0.048 | 0.095  |

Transformed Points

| POINT | X        | Y       | ±Sx   | ±Sy   |
|-------|----------|---------|-------|-------|
| PS01  | 118.076  | 3.894   | 0.045 | 0.045 |
| PS02  | 104.501  | 6.800   | 0.041 | 0.041 |
| PS03  | 98.220   | 9.339   | 0.040 | 0.040 |
| PS06  | 92.423   | 0.160   | 0.038 | 0.038 |
| PS08  | 86.035   | 0.477   | 0.037 | 0.037 |
| PS09  | 79.512   | 0.648   | 0.035 | 0.035 |
| PS10  | 73.218   | 0.813   | 0.033 | 0.033 |
| PS11  | 63.799   | 1.060   | 0.031 | 0.031 |
| PS12  | 56.036   | 1.264   | 0.030 | 0.030 |
| PS13  | 47.079   | 1.471   | 0.028 | 0.028 |
| PS14  | 32.330   | 1.821   | 0.025 | 0.025 |
| PS16  | 86.229   | 10.011  | 0.037 | 0.037 |
| PS18  | 72.024   | 11.114  | 0.033 | 0.033 |
| PS21  | 47.766   | 12.785  | 0.028 | 0.028 |
| PS25  | 29.858   | 14.277  | 0.025 | 0.025 |
| PS26  | 23.006   | 15.678  | 0.025 | 0.025 |
| PS28  | 10.811   | 19.347  | 0.024 | 0.024 |
| PS30  | 2.515    | 24.861  | 0.024 | 0.024 |
| PS32  | -4.088   | 24.438  | 0.024 | 0.024 |
| PS33  | -11.079  | 24.205  | 0.025 | 0.025 |
| PS34  | -16.052  | 24.039  | 0.025 | 0.025 |
| PS35  | -23.600  | 21.566  | 0.025 | 0.025 |
| PS36  | -27.708  | 20.816  | 0.026 | 0.026 |
| PS37  | -32.464  | 20.045  | 0.026 | 0.026 |
| PS38  | -37.014  | 19.099  | 0.027 | 0.027 |
| PS39  | -47.085  | 17.114  | 0.028 | 0.028 |
| PS40  | -52.256  | 16.233  | 0.029 | 0.029 |
| PS41  | -57.067  | 15.412  | 0.030 | 0.030 |
| PS42  | -62.419  | 14.405  | 0.031 | 0.031 |
| PS44  | 16.614   | 2.121   | 0.024 | 0.024 |
| PS45  | 10.883   | 2.348   | 0.023 | 0.023 |
| PS46  | 3.239    | 2.509   | 0.023 | 0.023 |
| PS47  | -5.766   | 2.798   | 0.023 | 0.023 |
| PS48  | -10.448  | 2.984   | 0.023 | 0.023 |
| PS49  | -14.986  | 2.992   | 0.024 | 0.024 |
| PS50  | -18.474  | 3.012   | 0.024 | 0.024 |
| PS52  | -25.912  | 3.000   | 0.025 | 0.025 |
| PS53  | -33.795  | 2.986   | 0.026 | 0.026 |
| PS54  | -42.261  | 2.513   | 0.027 | 0.027 |
| PS55  | -50.902  | 1.170   | 0.028 | 0.028 |
| PS56  | -57.053  | 0.147   | 0.030 | 0.030 |
| PS57  | -62.377  | -0.703  | 0.031 | 0.031 |
| PS58  | -71.962  | -2.267  | 0.033 | 0.033 |
| PS59  | -77.842  | -3.453  | 0.034 | 0.034 |
| PS60  | -88.616  | -5.627  | 0.037 | 0.037 |
| PS61  | -94.154  | -6.749  | 0.038 | 0.038 |
| PS62  | -99.682  | -7.956  | 0.040 | 0.040 |
| PS63  | -103.813 | -8.692  | 0.041 | 0.041 |
| PS64  | -114.219 | -11.782 | 0.044 | 0.044 |
| SSL1  | 520.252  | 31.506  | 0.173 | 0.173 |
| SSL2  | 108.487  | -16.990 | 0.043 | 0.043 |
| SSL3  | 270.496  | 175.456 | 0.108 | 0.108 |

|      |          |         |       |       |
|------|----------|---------|-------|-------|
| SSL4 | 70.456   | 55.935  | 0.038 | 0.038 |
| SSL5 | -115.118 | -11.308 | 0.044 | 0.044 |
| SSL6 | -73.010  | 107.852 | 0.048 | 0.048 |
| SSL9 | -232.009 | 139.647 | 0.092 | 0.092 |
| SS10 | -412.955 | 118.697 | 0.143 | 0.143 |
| SS11 | -714.061 | 287.020 | 0.253 | 0.253 |
| SS12 | -828.670 | 354.834 | 0.297 | 0.297 |

INVERSE MATRIX

~~~~~

0.00000005	0.00000000	-0.00000025	-0.00000036
0.00000000	0.00000005	0.00000036	-0.00000025
-0.00000025	0.00000036	0.00025979	0.00000000
-0.00000036	-0.00000025	0.00000000	0.00025979